



PROYECTO MINA DE COBRE PANAMÁ

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EsIA) CATEGORÍA III

INFORME PRELIMINAR DEL PROGRAMA DE MONITOREO DE EFECTOS AMBIENTALES: ECOSISTEMAS DE AGUA DULCE

Compromisos de EsIA Aplicables	Periodo reportado	Elaborado por	Fecha de Emisión del Reporte
13226	2015	BIODIVERSITY CONSULTANT GROUP	12/05/2016

Biodiversity Consultant Group (BCG)

Calle 71, San Francisco, Chalet 50, segunda planta

Teléfono: 203-6384

Equipo Administrativo:

Msc. César Jaramillo -**Gerente**
Msc. Marelys Torres -**Gerente de Proyectos**
Lic. Benjamín Walker -**Logística**

Equipo de Especialistas:

MSc. Ricardo Moreno -**Mastozoología (Mamíferos en general)**
MSc. Pedro Méndez -**Mastozoología (Primates no humanos)**
MSc. César Jaramillo -**Herpetología (Anfibios y reptiles)**
MSc. Marelys Torres -**Gestión Ambiental**
MSc. Ruth G. Reina -**Ictiología/ Dulceacuícola**
Lic. Marcos Núñez -**Ictiología/ Marino**
Lic. Yaritza González -**Macroinvertebrados acuáticos**
Lic. Alvin Zapata -**Botánica**
Lic. Laurencio Martínez -**Botánica**
Lic. Benjamín Walker -**Manejo de vida silvestre/Seguridad Laboral**

2016 BCG Panamá

Todos los derechos reservados

La información contenida en este informe es de carácter confidencial

Contenido

INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVOS	5
Objetivo General:.....	5
Objetivos específicos	5
METODOLOGÍA	5
<i>SITIOS DE MUESTREO</i>	7
<i>MÉTODOS DE MUESTREO</i>	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
COMUNIDAD DE MACRO-INVERTEBRADOS BENTÓNICOS.....	26
ECOLOGÍA DE LOS GRUPOS.....	28
RESULTADOS POR PUNTO DE MUESTREO:.....	30
<i>MUESTREO DE LA ICTIOFAUNA Y DE LA ESPECIE DE PEZ CENTINELA</i> <i>(SICYDIUM ALTUM)</i>	36
ICTIOFAUNA DE LAS POZAS DE SEDIMENTACIÓN. Error! Bookmark not defined.	
NIVELES DE METALES EN INVERTEBRADOS Y PECES.....	52
PERIFITON	54
ARRAIGO	68
CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTO.....	71

INTRODUCCIÓN

Un programa de Monitorización de Efectos Ambientales (EEM, por sus siglas en inglés) es una evaluación biológica basada en la salud de las comunidades, en este caso las comunidades acuáticas. El enfoque principal del programa es la salud de la vida acuática a diferencia de las mediciones de calidad de agua y sedimentos típicos de otros tipos de monitorización ambiental.

El desarrollo de una mina a cielo abierto de la magnitud del Proyecto Cobre Panamá, de Minera Panamá S.A. (MPSA), en un área que es relativamente prístina, puede ejercer impactos negativos sobre los cuerpos de agua receptores. Sin embargo, es importante obtener la información previa clave que nos indique (a medida que se van presentando), impactos producto de la actividad minera de este proyecto, de esta forma se podrá evaluar la magnitud, el alcance y la duración de los efectos.

En caso de registrarse cambios en la salud de los ecosistemas acuáticos será importante concluir objetivamente si ha ocurrido o no un cambio significativo en la integridad ambiental de los entornos receptores con un nivel mínimo de interpretación subjetiva.

El Monitoreo de línea base ambiental acuática que se llevó a cabo como parte del EsIA de Minera Panamá (elaborado por Golder Associates), incluyó la comunidad bentónica y muestreo de las comunidades de peces. Posteriormente se elaboró un estudio de seguimiento dirigido por AATA y, más recientemente, Ecometrix (2012) levantó la primera aproximación a la Línea Base del EEM, para los ecosistemas de agua dulce. Desafortunadamente, muchos de los métodos de recolección de campo, críticos para la evaluación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, eran diferentes entre los dos primeros estudios lo que impidió una comparación directa de los resultados.

Los datos ambientales recogidos como parte del EsIA proporcionan una descripción básica de las condiciones locales y regionales, identifica las posibles limitaciones ambientales (por ejemplo, los hábitats sensibles, especies en peligro, etc.) en los que las alteraciones se deben minimizar o evitar, y permite una evaluación descriptiva de impactos que se pueden producir. No obstante, los requisitos de los datos ambientales para un programa de EEM acuático son más detallados y cuantitativos que los que usualmente se recogen para un EsIA.

Para satisfacer las necesidades de un programa de EEM en el que el principio fundamental es una interpretación objetiva, con base estadística, de los efectos asociados a una operación minera, los datos tienen que ser recogidos de una manera más rigurosa y con suficiente poder estadístico, capaces de detectar variaciones ambientales ecológicamente relevantes, para minimizar errores tipo I (falso positivo) y errores tipo II (falsos negativos).

En estos momentos, se están analizando los datos obtenidos para los distintos componentes de este proyecto durante la campaña de 2015, pero en este documento, presentamos a MPSA, un segundo informe de avance (preliminar) de los trabajos de campo realizados del 7 al 15 de mayo de 2015, en dónde se detalla la metodología que se utilizó para la recopilación de la información ambiental y biológica requerida y además se presentan los resultados parciales de algunos de los componentes de este Monitoreo.

El trabajo de campo se realizó en los mismos sitios dónde se hicieron los muestreos de Línea Base en 2012, tratando también en lo más posible, de seguir la misma metodología utilizada en ese momento; de este modo la información obtenida por nosotros podrá ser comparada con la información existente de línea base (2012) del EEM.

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Asegurar que los controles ambientales para los efluentes, sedimentos y agua, y otras medidas de mitigación, sean efectivas para la protección y viabilidad de los ecosistemas dulceacuícolas que tienen influencia directa de la operación del Proyecto Mina de Cobre Panamá.

Objetivos específicos:

- Cumplir con los compromisos del EsIA
- Comparar los resultados de calidad de agua y salud de las comunidades de peces, con los obtenidos para la línea base en 2012, como parte del Programa EEM y definir si se están generando cambios en el hábitat acuático debido a algún impacto negativo del proyecto.
- Evaluar el estado actual de la salud de las comunidades acuáticas en los cuerpos de aguas seleccionados.

METODOLOGÍA

El muestreo de esta campaña 2015, se realizó a fin de la época seca, siguiendo la metodología propuesta en los estudios de Línea Base (2012), la cual indica que esta época es la más conveniente ya que:

- Los flujos de las corrientes (de agua) menores permiten un muestreo más eficaz de peces y macroinvertebrados.
- El muestreo de peces requiere de observaciones visuales de los peces cuando son capturados, situación difícil cuando hay mucha turbidez.
- En la estación seca, cualquier infiltración en el ambiente receptor de los contaminantes en los embalses o por las descargas activas sería generalmente en sus mayores concentraciones y por lo tanto los impactos serían mejor observados, si los hubiera.
- La colecta de macroinvertebrados bentónicos no debe realizarse durante sus periodos principales de reproducción, generalmente esto ocurre al inicio de la época seca, cuando las velocidades del agua son menores.
- El muestreo al final de la época seca garantizará que las comunidades se hayan estabilizado y estén expuestas a cualquier contaminante desde el sitio del proyecto en su mayor concentración y por periodo más largos de tiempo.
- El muestreo debe desarrollarse cuando los peces están reproductivamente maduros, de manera que se pueda monitorear los efectos sobre su reproducción, los peces a menudo desovan al inicio de la época seca, cuando disminuye la velocidad de las aguas.
- Además los estudios de Línea Base (2012) indican que la mayoría de los invertebrados tienen un ciclo de reproducción de un año, por lo que no hay necesidad de realizar un programa de Monitoreo de Efectos Ambientales con mayor frecuencia que una vez al año.

Los muestreos para el monitoreo de este año, se realizaron del **7 al 15 de mayo de 2015** y los de la Línea Base se realizaron del **19 al 28 de abril de 2012**, ambos a finales de la época seca.



Figura N°1. Equipo de monitoreo marcando el área de muestreo y organizando el trabajo a realizar, en el Punto de Monitoreo Lejano de Botija (PML-Botija).

SITIOS DE MUESTREO

Sitios de Muestreo para el Monitoreo de la Especie Centinela, Ictiofauna en General, Macroinvertebrados Acuáticos, Perifiton y Arraigo.

El programa de Monitorización de Efectos Ambientales (EEM por sus siglas en inglés), fue diseñado para monitorizar los efectos relacionados a la operación minera, sobre las cuencas hidrográficas que rodean al proyecto. Esto incluye las tres cuencas primarias influenciadas por la operación del proyecto Mina de Cobre Panamá compuestas por los ríos Petaquilla, Caimito y San Juan de Turbe (Río Botija). Las áreas de muestreo fueron seleccionadas en base a la posible ubicación de las Zonas de Mezcla, término que se relaciona con la zona del curso del agua, aguas abajo, de una fuente emisora que no cumple con uno o más estándares de calidad de agua superficial.

Los Puntos de Muestreo Cercano (**PMC**), son los puntos de muestreo que están ubicados tan cerca como sea posible de la operación, pero aguas debajo del comienzo de la zona de mezcla. Los Puntos de Muestreo Lejano (**PML**), son los sitios de muestreo alejados del comienzo de la zona de mezcla, en donde ha ocurrido una dilución importante de las descargas; los Puntos de Muestreo Lejanos, delinean el área en donde son observados los efectos identificados en los Puntos de Muestreo Cercanos.

Los **PMC**, **PML** y las Áreas de Referencia (**REF**) fueron ubicados en la línea base (2012) dentro de las tres cuencas principales que potencialmente están bajo la influencia de la operación del Proyecto Cobre Panamá, en el Mapa N°1 se observa los sitios donde fueron establecidos en la línea base todos los puntos de monitoreo y en la Tabla N°1 se observan las coordenadas de cada uno.

PML-Caimito y PMC-Caimito:

El cuerpo de agua más importante que está bajo la influencia del proyecto es el Río Del Medio, afluente principal del Río Caimito, el cual recibirá los efluentes provenientes del área de manejo de relaves; de allí que en la línea base (2012) se propuso la instalación de un PMC en la estación CM21 (PMC-Caimito) y un PML (PML-Caimito) en la estación C21 (ambos puntos referidos dentro del EsIA).

El informe de Línea Base (2012) indica que el PML-Caimito no se llegó a realizar, debido a las condiciones de ese tramo del río en ese momento, ya que era muy amplio, profundo y con poca velocidad de la corriente; a diferencia de las áreas de referencia (REF) y otras áreas de exposición que se caracterizaban por tener hábitat de rápidos.

Las condiciones en este punto del río (PML-Caimito) no han mejorado para esta campaña del 2015, por lo que tampoco para este año se realizó el monitoreo en este punto.

En la campaña de este año, se intentó en tres días distintos (9, 12 y 15 de mayo de 2015), de localizar un sitio cerca del punto PMC-Caimito que reuniera las condiciones para realizar el muestro, pero no fue posible, todo ese tramo del río también era ancho, profundo y sin rápidos, no reunía los requisitos para el muestreo (ver Figura N°2), por lo que el PMC-Caimito no fue realizado en esta campaña.



Figura N°2. Vista del área de PMC-Caimito, donde se observa las condiciones actuales del río, con aguas profundas y sin rápidos, condiciones que no son las adecuadas para este tipo de monitoreo.

REF-Río Rinconcito y REF-Hoja:

Durante los estudios de Línea Base (2012) se identificó y realizó muestreos en dos Áreas de Referencia, una sobre el río Rinconcito (REF-Río Rinconcito) y la segunda sobre el Río Hoja (REF-Hoja). Estos dos puntos no están bajo la influencia directa de las operaciones del Proyecto Cobre Panamá, pero ambos ríos desembocan, al igual que el Río Del Medio, en el Río Caimito. Ambos puntos fueron localizados y muestreados en esta campaña de 2015 (ver Figura N°3 y N°4).



Figura N°3. Vista panorámica REF-Río Rinconcito.



Figura N°4. Vista panorámica del área donde se desarrolló el muestreo en REF-Río Hoja.

PMC-Petaquilla y PML-Petaquilla:

Durante los estudios de Línea Base (2012), sobre el Río Petaquilla se instaló un PMC en la estación P10 aguas abajo de los tajos de Colina y Valle Grande, este punto también se localizó y muestreó en esta campaña de 2015 (PMC-Petaquilla, ver Figura N°5).

Dado que hay una mínima dilución a lo largo de este cuerpo de agua, el estudio de Línea Base (2012), no identificó un PML para este río; se planea en un futuro, identificar potenciales sitios que sirvan como PML.



Figura N°5. Vista panorámica del área donde se desarrolló el muestreo en PMC-Petaquilla.

PMC-Botija y PML-Botija:

Finalmente, sobre el Río Botija, durante los estudios de Línea Base (2012), se ubicó un PMC en la estación SB-08 (PMC-Botija) y un PML en la estación S23 situada sobre el Río San Juan de Turbe (PML-Botija), estos puntos tienen como objetivo monitorear los efectos del tajo Botija y depósito de estériles. Ambos puntos también fueron localizados y monitorizados durante esta campaña de 2015 (ver Figura N°6 y N°7).

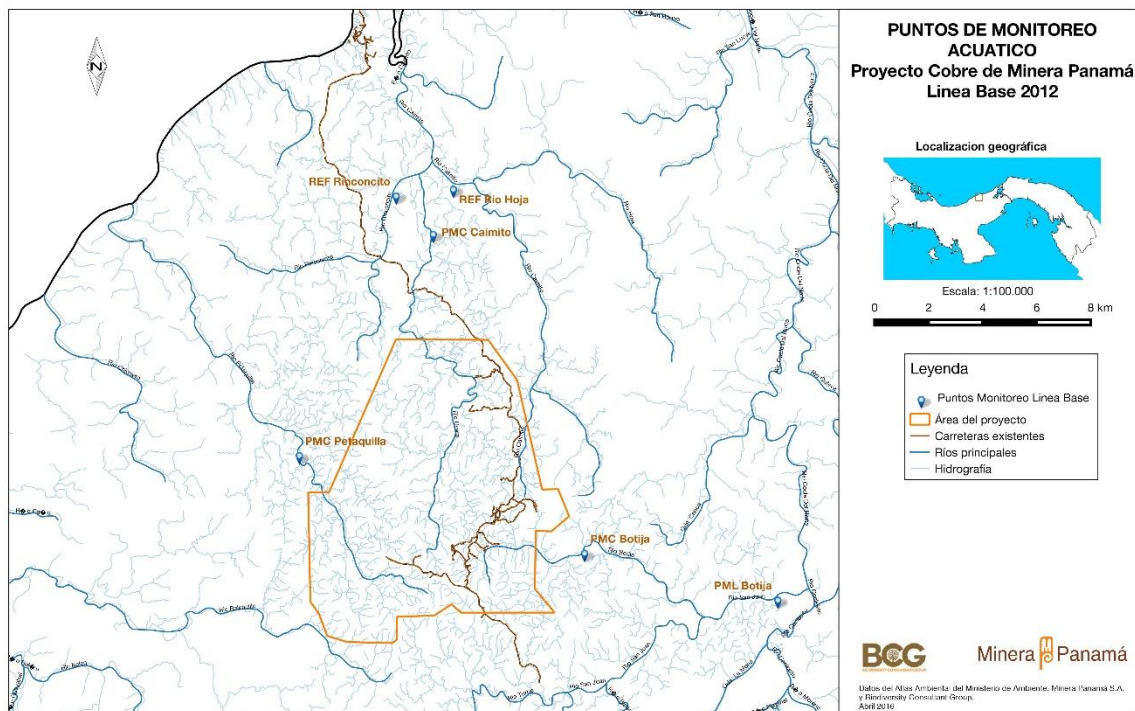


Figura N°6. Vista panorámica del área donde se desarrolló el muestreo en PMC-Botija.

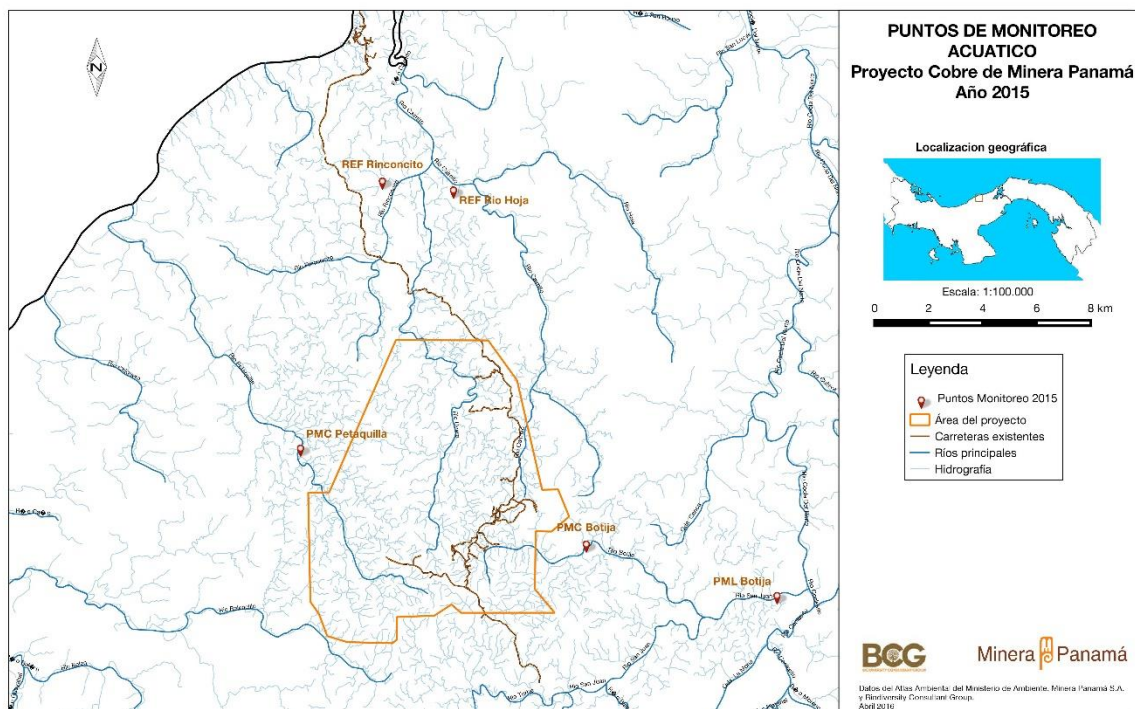


Figura N°7. Vista panorámica del área donde se desarrolló el muestreo en PML-Botija.

Mapa N°1. Localización de las áreas de muestreo propuestas en la Línea Base (2012).



Mapa N°2. Localización de las áreas de muestreo del monitoreo 2015





Estación	2015		2012	
	Lat	Long	Lat	Long
REF Rinconcito	534492	990343	535002	989768
REF Río Hoja	537121	990012	537121	990012
PML Caimito	X	X	X	X
PMC Caimito	X	X	536373	988352
PML Petaquilla	X	X	X	X
PMC Petaquilla	531464	980466	531420	980178
PMC Botija	542035	976918	541972	976567
PML Botija	549090	975013	549121	974840

Tabla N°1. Coordenadas de las Áreas de Monitoreo Propuestas en la Línea Base (2012) y la ejecución de los monitoreos en dichas áreas durante 2012 y 2015

Sitio de Monitoreo	Coordenadas UTM WGS 84		Ubicación
	Lat	Long	
W-2	531478	980432	Rio Petaquilla - Campamento Lata
W-5	542065	976914	Rio Botija - San Benito
W-7	549108	975017	Rio San Juan - Coclesito
Los Bajos	536244	991898	Rio Caimito
Rio Rinconcito	535002	989708	Rio Rinconcito

Tabla N° 2. Puntos de monitoreo de calidad de agua en ríos

MÉTODOS DE MUESTREO

Comunidad de Macroinvertebrados Bentónicos

En cada una de las áreas de muestreo, se realizaron cinco estaciones en esta campaña del 2015 y en cada una de las cinco estaciones se tomó dos submuestras, ésta práctica ayuda a reducir el efecto de la variabilidad entre estaciones, debido a la distribución fragmentada de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos. Este número de estaciones por área fue determinado por un análisis de poder realizado en los estudios de Línea Base (2012).

Las muestras se colectaron en hábitat de corriente (rápidos), con un muestreador Tipo Hess, equipado con malla de 500 μ m (ver Figura N°8). Las muestras se tomaron agitando el sustrato dentro de la trampa a una profundidad aproximada de 10 cm durante 5 minutos. Posteriormente cada muestra se colocó en un envase de 500 ml y se preservó en etanol al 70%.



Figura N°8. Personal utilizando un muestreador de tipo Hess, para colectar macroinvertebrados bentónicos, en el sitio PMC-Petaquilla.

Se procuró que los parámetros descriptivos del hábitat, como profundidad, velocidad y textura del sustrato fueran similares entre las estaciones para evitar sesgos atribuibles a diferencias naturales del hábitat.

Se registró las siguientes variables en los sitios de muestreo:

- Descripción del sustrato (arena, grava, rocas)

- Presencia / Ausencia de vegetación acuática
- Oxígeno Disuelto, Temperatura, Conductividad y pH
- Profundidad del agua y velocidad

Las muestras fueron separadas taxonómicamente en laboratorio, por personal con amplia experiencia en estos grupos de invertebrados, para luego con estos datos realizar los análisis estadísticos. La identificación se efectuó con la ayuda de un estereoscopio Accu Scope 3078-HDR Zoom Stereo Microscope (ver Figura N°8), con cámara de resolución HD incorporada, tratando de llevarlas hasta el nivel más bajo posible, que en la mayoría de los grupos puede ser hasta género y especie.



Figura N°9. Separación e identificación de las muestras de macroinvertebrados bentónicos, con ayuda de un estereoscopio.

Luego de identificadas todas las muestras se realizó la evaluación estadística de los macroinvertebrados bentónicos, la cual incluye:

- Densidad total de invertebrados
- Densidad de los principales grupos taxonómicos
- Riqueza de especies
- Coeficiente de Diversidad de Simpson y Similaridad
- Índice de Similitud de Bray Curtis
- La cantidad de taxones quironómidos y su abundancia
- Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP)

Muestreo de la especie centinela (pez lisa, *Sicydium altum*)

La Línea Base (2012) sugiere que una especie centinela ideal, debe tener ciertos atributos, entre ellos:

- Ser abundante durante los periodos de estudio.
- Que tengan órganos reproductores maduros en esa época del año para evaluar un deterioro en la reproducción.
- Deben ser bentívoras y/o dentritívora, que consuman predominantemente invertebrados que viven en el fondo y/o perifiton.
- Debe residir todo el año en el área de estudio.
- No deben ser de naturaleza migratoria.
- Sus períodos de desove deben ser discretos (no deben ser fragmentados, ni ocurrir durante todo el año)

En la línea base de 2012 se indica que los peces tití (*Sicydium altum*) cumplen con estos criterios y eligen a esta especie como especie Centinela dirigiendo los esfuerzos de monitoreo a obtener data de parámetros morfológicos y fisiológicos para esta especie. Durante esta campaña de 2015, se continuó con el mismo enfoque y se utilizó a *Sicydium altum* como especie centinela.

Durante este muestreo la colecta de peces se efectuó principalmente con electro pesca (ver Figura N°10), pero se usó también chinchorro y atarraya (ver Figura N°11). Las colectas fueron orientadas específicamente para colectar individuos de *S. altum* sin embargo, aprovechando el esfuerzo de muestreo, se colectó individuos de todas las especies para caracterizar la comunidad de peces dulceacuícolas alrededor del proyecto.



Figura N°10. Equipo de trabajo en PML-Botija, utilizando la electropesca y redes de mano



Figura N°11. Personal de campo en PMC-Petaquilla, utilizando la atarraya, otra arte de pesca que se usó para la colecta de peces en este proyecto.

En cada sitio el muestreo se efectuó sobre transectos de 100 a 200 metros, que incluía todos los hábitats presentes en el área. Se registró las medidas y características de cada espécimen, incluyendo, sexo, largo total y peso. La condición de cada pez colectado se evaluó identificando crecimientos anormales, pérdida de aletas u ojos, lesiones, parásitos externos o alguna otra anomalía externa.

El tamaño de la muestra propuesto en la Línea Base (2012), luego de un análisis de poder, es de al menos 20 hembras y 20 machos para la especie centinela, cuyos datos morfológicos y fisiológicos serán comparados entre las estaciones o puntos de muestreo. Sin embargo, no en todas las áreas y estaciones se logró capturar esta cantidad de peces y en esos casos se trabajó con el total obtenido en dichos sitios.

Cada individuo se midió con precisión de 1 mm, las mediciones hechas en la especie centinela incluyó: longitud, peso, peso de las gónadas, el tamaño de las ovas, fecundidad y la condición externa. Se extrajo los ovarios de las hembras para estimar el peso de los huevos y la fecundidad.

Los peces colectados se pesaron a 0.001 g, para esto se utilizó una balanza Ohaus modelo Portable Plus C305, que permitió la medición con precisión de ± 5 %. Se pesó los ovarios de los peces con la misma balanza y se colocó en viales de 20 ml etiquetados y conservados en solución de formalina buffer al 10% para su posterior conteo de fecundidad en laboratorio.

Se calculó el índice gonadal somático (IGS) tanto a hembras como a machos de todos los estadios de madurez, utilizado para estimar las épocas de desove, según la fórmula de Holden y Raitt (1975):

$$\text{IGS} = \frac{\text{Peso gonadal} \times 100}{(\text{Peso corporal} - \text{Peso gonadal})}$$

Otro sistema empleado para calcular las épocas de desove fue una escala estándar de estados de maduración gonadal de cinco fases: inmaduro, virgen madurando o recuperado, maduro, hidratado y en regeneración (Adaptada de Holden y Raitt, 1975). Se observó el estado de madurez en que se encontraban los individuos tanto hembras como machos y se elaboró una escala de maduración, adaptando la encontrada en Holden y Raitt, 1975. Se graficó la cantidad de machos y hembras en cada estado de madurez en cada sitio.

Para estimar la fecundidad se utilizaron las hembras en fase hidratada (IV) a las cuales se le extirparon las gónadas y se pesaron. Se pesó 0.01g de una gónada y se hizo un conteo aproximado de huevos, en base a este conteo se estimó la cantidad de huevos con el peso de la gónada entera.

Otra medida de salud de los peces que se utilizó, fue el factor de condición, mediante la fórmula:

$$\text{Factor de Condición} = \frac{\text{Peso corporal} \times 100}{(\text{longitud total})^3}$$

Niveles de metales en invertebrados y peces

En cada curso de agua muestreado, utilizando las distintas artes de pesca mencionadas anteriormente, se tomaron cinco muestras compuestas de tres peces *Sicydium altum*; 5 muestras compuestas de un pez *Gobiomorus dormitor*; y una muestras compuestas de 2 camarones del género *Macrobrachium*. Estas muestras fueron debidamente rotuladas, envueltas en papel aluminio y congeladas (ya sea en un congelador a -20°C o en Nitrógeno líquido), luego se envió, vía DHL, a Pace Analytical Services, Inc. (WI, USA), donde se realizó el análisis de contenido de metales en tejido. Pace Analytical fue el laboratorio responsable de la determinación de los parámetros medidos y se encuentra acreditado y certificado bajo la Norma Internacional ISO 17025 e ISO 9001-2008.

Pace Analytical Services, Inc. determinó, en las muestras de tejidos de las especies arriba mencionadas, el contenido de 24 metales pesados: Al, As, Ba, Be, Bi, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, K, Se, Na, Sr, Ti, V y Zn.

Los estudios de Línea Base (2012) indican que los metales en los tejidos de los peces son indicadores del grado de la exposición al metal. La muestra de los músculos se emplea para monitorear cualquier riesgo contra la salud humana que se asocie con el consumo de pescado o camarón; mientras que el tejido del hígado, que típicamente tiene niveles de metal mayores que los músculos, se utiliza para monitorear los cambios provisionales y espaciales en las cargas corporales.

En vista de que *Sicydium altum* es una especie muy pequeña, la colecta de hígado para el análisis no es técnicamente factible, por lo que se utilizó el cuerpo entero de estos peces, luego de la remoción del tubo digestivo, para que los datos no fueran influidos por el contenido estomacal del pez.

Gobiomorus dormitor, es una especie más grande, es el principal depredador de las corrientes receptoras y los residentes consumen esta especie como alimento. De esta especie si se examinó el hígado y los músculos para metales pesados. En el informe de Línea Base (2012) no se presentó datos para los metales pesados presentes en el hígado, ya que al parecer estas muestras se descartaron porque no fueron debidamente preservadas durante el transporte.

En cada curso de agua muestreado, se tomó muestras compuestas de 2 camarones del género para efectuar el análisis de contenido de metales en tejido. Este grupo de invertebrados es común en las cuencas muestreadas y es una fuente importante de alimento para peces y para el hombre. La muestra de *Macrobrachium* se analizó, siguiendo los procedimientos anteriormente descritos para el análisis de tejido de peces.

Perifiton

Se tomaron muestras de biomasa o productividad primaria bentónica en tres estaciones de cada área. Se utilizó un cuadrante estándar para aislar un área de hábitat de corriente. Todo el perifiton se separó de las superficies rocosas. Se analizó las muestras de perifiton para determinar el contenido de clorofila α y una sub-muestra se utilizó para el análisis taxonómico



Figura N°12. Raspado de piedras para la extracción del perifiton, en PMC-Petaquilla.

Las muestras de perifiton, seleccionadas para determinar la clorofila α , se envolvieron en papel aluminio (para evitar que la luz influyera en el análisis), se refrigeró y mantuvo en hielo durante todo el transporte, el cual no debía demorar más de 48 h para que llegara a AQUATEC Testing Laboratories, en la ciudad de Panamá, compañía seleccionada para el análisis de clorofila α

Arraigo

En el Informe de la Línea Base (2012) se define el arraigo como “grado en que los elementos mayores del sustrato de una corriente o río (peña, piedra, grava) están rodeados o cubiertos por un sedimento fino”. También allí se indica que los tramos de la corriente que tiene una baja aportación de sedimentos y/o altas velocidades de corrientes típicamente tienen poco arraigo, mientras que los tramos que tienen una aportación alta de sedimentos y/o velocidades bajas de la corriente, típicamente tienen un arraigo mayor; los sustratos con mucho arraigo proporcionan una calidad menor de hábitat para los macroinvertebrados y peces debido a que tienen pocos espacios intersticiales disponibles.

Siguiendo la metodología de la Línea Base (2012), se debió realizar el muestreo de arraigo en cuatro de las cinco estaciones de macroinvertebrados bentónicos:

- PMC-Caimito
- PMC-Petaquilla
- PMC-Botija
- REF-Río Hoja

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, PMC-Caimito actualmente no presentó las condiciones ambientales y físicas requeridas para el muestreo, por lo que en dicho sitio no se realizó muestreo de arraigo. Durante este muestreo, se obtuvieron también datos adicionales para PML Botija y REF-Rinconcito.

En cada una de las tres estaciones escogidas por sitio, para muestreo de arraigo, se insertó un tubo de PVC de 5.25 cm de diámetro a una profundidad de 10 cm, lo que corresponde a la profundidad de muestreo de macroinvertebrados bentónicos (ver Figura N°13). Luego, se selló el fondo del tubo y se sacó la muestra del sustrato de hábitats de rápidos con una profundidad de 10 cm.



Figura N°13. Extracción del Arraigo en PMC-Petaquilla, con un tubo de PVC de 5.25 de diámetro y profundidad de 10 cm.



Figura N°14. Tamices utilizados para separar las distintas fracciones del arraigo, por su tamaño

Luego en laboratorio, las muestras se secaron en un horno a 100°C, por 24 h, se dejó enfriar y se pasó por una serie de tamices (ver Figura N°14), agitándolos y golpeándolos fuertemente para separar la piedra o grava (> 4 mm), arena muy gruesa (1 a 4 mm), arena gruesa (500 µm), arena mediana (250 µm hasta 500 µm) y arena fina (< 250 µm). Se determinó el peso de cada categoría de tamaño, teniendo en cuenta que las fracciones de arena son las de interés primordial.

Si a través de los años de muestreo hay un aumento significativo en las fracciones de arena en los mismos lugares, indicaría que el arraigo aumentó, los cambios en las cantidades de material de grano fino se puede utilizar también en las interpretaciones en los cambios en la estructura de la comunidad de invertebrados.

Calidad de Agua y Sedimento

Dentro de cada una de las áreas de muestreo, se recogió una muestra de agua para análisis químicos. Estos datos se usaron para complementar el programa de vigilancia química del agua existente en la mina y para facilitar la integración del estudio de monitoreo biológico con la química analítica sobre los tejidos, agua, sedimentos y peces e invertebrados.

Los parámetros químicos del agua para el programa EEM incluyen pH, conductividad, Oxígeno disuelto, temperatura, TSS, DOC, dureza, alcalinidad, turbiedad, amoníaco, nitrato, nitrógeno total Kjeldahl, fósforo total, metales totales y disueltos.

Todos los análisis de metales para aguas se basan en el análisis de ICP- MS de muestras debidamente conservadas. Una muestra de sedimento compuesto se recogió, al azar, de pequeñas áreas aisladas donde se acumulaba sedimentos; estas muestras se analizaron para determinar el carbono orgánico total (TOC) y los metales.

Durante la colecta de muestras de agua superficial y sedimento se requieren los siguientes equipos y materiales:

- Sonda multiparamétrica Marca: YSI, Modelo 600 OMS V2.
- Sonda multiparamétrica Marca: YSI, Modelo 600 QS.
- Guantes de nitrilo.
- Pala
- Botellas plásticas o de vidrio ámbar, bolsas plásticas según el tipo de análisis solicitado.
- Preservantes: Hidróxido de Sodio, Ácido Nítrico y Ácido Sulfúrico, Ice pack según el parámetro que se va analizar.
- Neveras.

Mientras se llevan a cabo las actividades de muestreo es necesario el uso equipo de protección personal apropiado (lentes, guantes, máscaras, entre otros) por seguridad y por ser una exigencia dentro del Proyecto Cobre Panamá.

Al momento de colectar las muestras, se procura seguir algunos procedimientos como se describe a continuación

Muestreo de Agua

- Se lavan los envases con agua del río de interés al menos unas 3 veces antes de colectar la muestra definitiva.
- Se utilizan guantes de nitrilo para evitar contaminación de la muestra.
- Se toman muestras simples en un punto representativo del cuerpo de agua superficial, procurando que sea en un sitio de corriente (moderada) y no de aguas estancadas.
- Se colectan las muestras en diferentes envases (vidrio ámbar boca ancha, vidrio ámbar boca angosta, plástico, de 1L de capacidad) según el tipo de análisis requerido.
- Se preservan las muestras según el tipo de análisis requerido.
- Una vez colectadas y preservadas las muestras, se colocan en hielo para mantenerlas a una temperatura cercana a los 4°C.
- Cada botella debe ser debidamente etiquetadas indicando: Nombre del solicitante de la muestra, código de la muestra, parámetro analizar, fecha y hora de colecta, tipo de preservante (cuando aplique) y personal que colecta la muestra.
- Se elaboran las correspondientes cadenas de custodia.

Muestreo de Sedimento

- Se utiliza una pequeña pala para colectar la muestra de sedimento.
- El personal a cargo del muestreo debe utilizar guantes de nitrilo para evitar contaminación de la muestra.
- Se debe generar una muestra compuesta de sedimentos a partir de un mínimo de tres sub-muestras que se recogen de áreas donde se han acumulado sedimentos.
- Las muestras se colectan en bolsas herméticas de plástico y botellas de vidrio ámbar boca ancha con capacidad de 1 L, según tipo de análisis requerido.
- Las muestras se colocan en hielo para mantenerlas a una temperatura cercana a los 4°C.
- Cada botella o bolsa plástica debe ser debidamente rotulada indicando: Nombre del solicitante de la muestra, código de la muestra, parámetro analizar, fecha y hora de colecta, tipo de preservante (cuando aplique) y personal que colecta la muestra.
- Se elaboran las correspondientes cadenas de custodia.

Las muestras se envían al laboratorio debidamente acreditado, procurando siempre se mantenga la integridad de la muestra.

Punto de Monitoreo	Tipo	Parámetro	Tipo de muestra
Todos los puntos descritos en la Tabla 11 y 12	Parámetros Físico-Químicos	Alcalinidad: HCO ₃ , CO ₃ , OH, Total. (mg CaCO ₃ /L) Conductividad Eléctrica (uS/cm) Potencial Oxido- Reducción (mV) pH Turbidez (NTU) Total de sólidos suspendidos-TSS (mg/L)	Agua
	Parámetros Inorgánicos	Aniones: Br, Cl, F, N-NO ₃ , N-NO ₂ , SO ₄ . (mg/L) Cianuro: CN-L,CN-T, CN-W (mg/L) Nitrógeno: N-NH ₃ (mg/L)	
	Parámetros Orgánicos	Aceites y grasas (mg/L) Demanda química de Oxígeno DQO (mg O ₂ /L) Fenoles (mg/L) Carbono Orgánico Disuelto	
	Metales Disueltos/Totales	Ag, Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, y Zn.	
Todos los puntos descritos en la Tabla 11 y 22	Parámetros Físico-Químicos	pH, % de humedad,	Sedimento
	Parámetros Orgánicos	Hidrocarburos, bisfenoles, herbicidas, pesticidas, Carbono Orgánico Total.	
	Metales Totales	Ag, Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, y Zn.	

Tabla N° 3 Frecuencia de Muestreo y Parámetros a analizar en el Monitoreo Manual

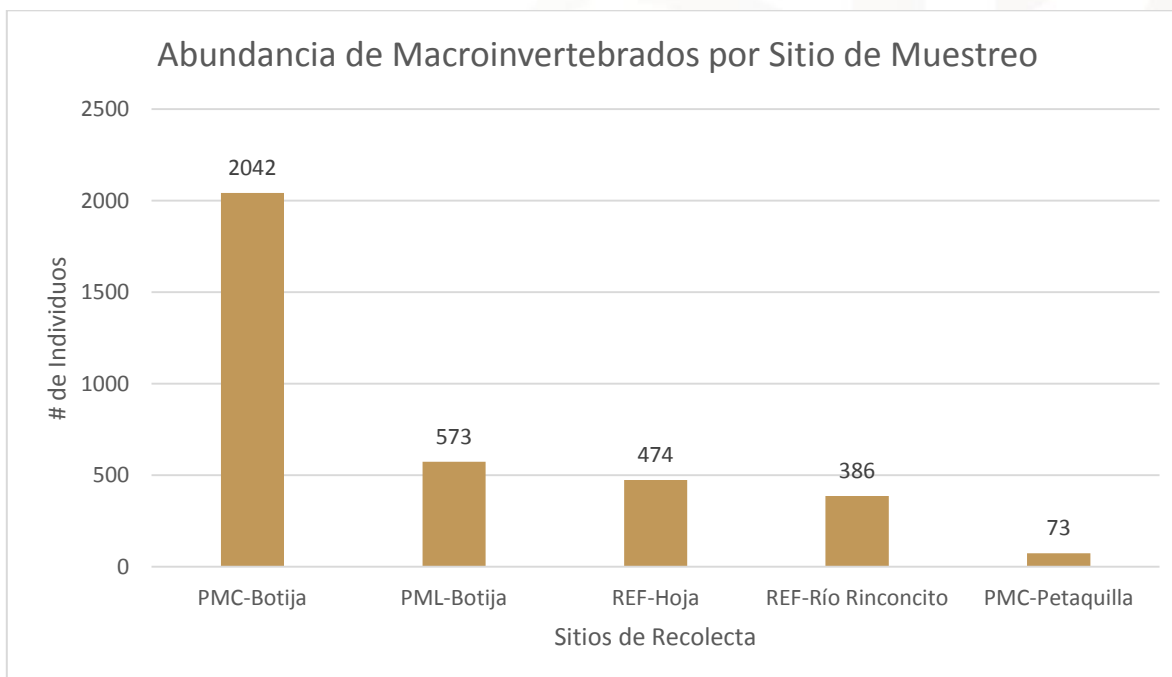
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

COMUNIDAD DE MACRO-INVERTEBRADOS BENTÓNICOS

Para este monitoreo se visitaron las seis áreas de muestreo que se utilizaron en el 2012; sin embargo, a pesar de realizarse tres visitas al Punto de Monitoreo Cercano de Caimito, no fue posible realizar el muestreo en dicho sitio, ya que las condiciones actuales del río no son las aptas para el estudio de macroinvertebrados acuáticos, como se explicó en la sección de metodología de este informe.

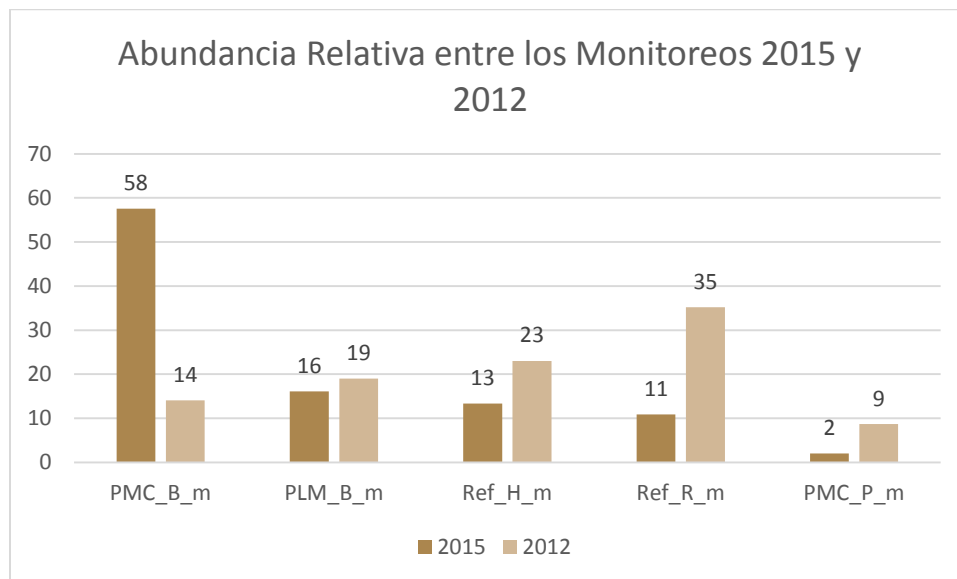
La recolecta se realizó de manera programada en los otros cinco puntos, en donde se recolectaron en total 3,548 individuos. En 2012, en el Programa de Línea Base del Monitoreo de Efectos Ambientales, se recolectaron 9,843 individuos; sin embargo, 4,143 fueron recolectados en el Punto de monitoreo cercano del Río Caimito, que como explicamos, no fue muestreado en esta ocasión y por lo tanto no está incluido en este informe.

En el monitoreo del mes de mayo de 2015, el sitio que presentó la mayor abundancia de individuos fue el Punto de Monitoreo Cercano de Botija con 2,042 individuos, lo que representa el 57.55% del total de individuos recolectados; seguido del Punto de Monitoreo Lejano de Botija con 573 individuos, lo que representa un 16.15% del total de individuos recolectados; los puntos de Referencia del Río Hoja y de Río Rinconcito presentaron una abundancia de 474 (13.36%) y 386 (un 10.88%) individuos respectivamente; y el punto de menor abundancia de individuos fue el Punto de Monitoreo Cercano de Petaquilla con 73 individuos, 2.06% del total recolectado.



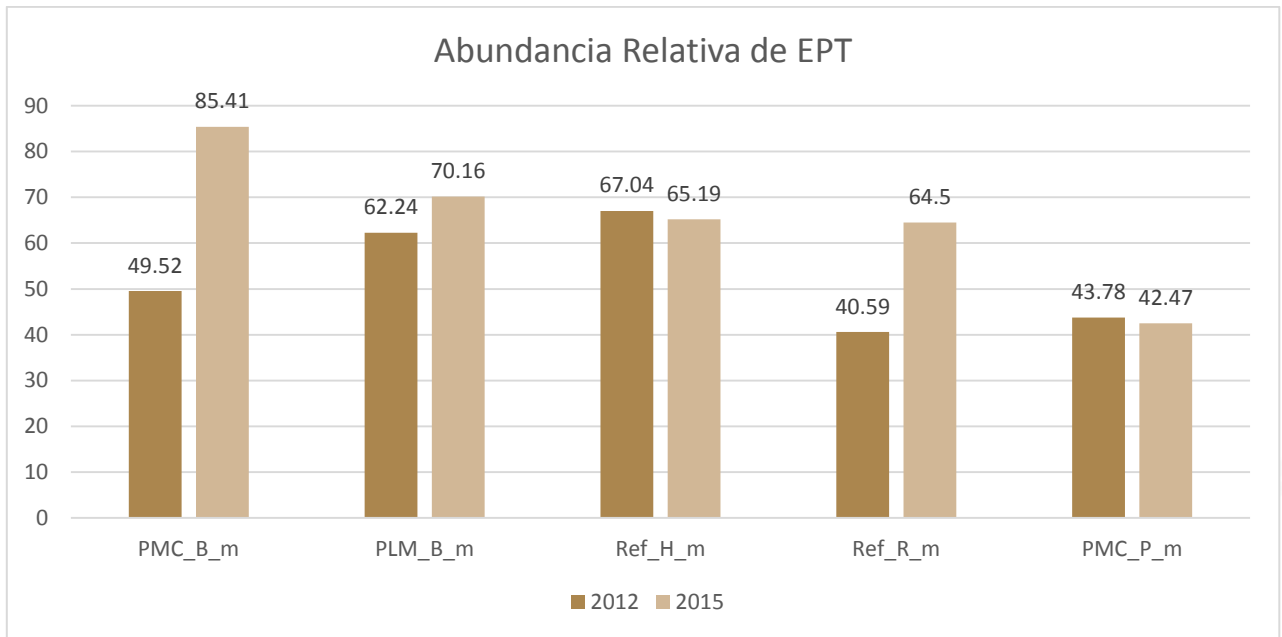
Gráfica N° 1. Abundancia de Macroinvertebrados recolectados en cada sitio de muestreo.

Los 3,548 individuos recolectados, pertenecen a 14 órdenes, 43 familias y 74 géneros de macro-invertebrados. Los órdenes que están representados por mayor cantidad de individuos son Ephemeroptera (53.46% del total de individuos recolectados, con seis familias y 18 géneros), Trichoptera (22.97% del total de individuos recolectados, con nueve familias y 15 géneros) y Coleoptera (10.23% del total de individuos recolectados, con cuatro familias y 14 géneros).



Gráfica N° 2. Comparación entre Abundancia Relativa de Macroinvertebrados por sitio de muestreo monitoreos 2015-2012

El porcentaje de EPT recolectado fue de 58.37% del total de individuos, mientras que para el 2012 fue de 52.12% (tomando en cuenta sólo las estaciones donde se recolectó en ambos muestreos); siendo los puntos de Monitoreo Cercano de Botija y Referencia Río Hoja los más representativos con una diferencia marcada de casi un 50% en ambos puntos; para los otros tres puntos la diferencia entre los dos monitoreos fue mínima.



Gráfica N° 3. Abundancia Relativa de EPT en los Monitoreos 2012-2015

ECOLOGÍA DE LOS GRUPOS

Para los grupos más representativos de macroinvertebrados acuáticos cabe resaltar su ecología y comportamiento de los mismos para comprender los resultados.

Ephemeroptera: dentro del monitoreo pudimos registrar 18 géneros pertenecientes a seis familias representando el 53.46% del total de individuos recolectados, siendo la familia Baetidae la que ocupa el 53.56% del total de Ephemeroptera recolectado en el monitoreo de mayo 2015, dentro de esta familia se identificaron seis géneros al igual que la familia Leptophlebiidae que ocupó el 27.94% del total de Ephemeroptera, seguido de Leptohyphidae con 18.03% del total; las tres familias restantes solo presentaron un género cada una Caenidae (*Caenis*), Euthyplociidae (*Euthyplocia*), Heptageniidae (*Maccaffertum*) todos con menos del 1% del total de individuos. Ocho de los 18 géneros están presentes en casi todos los puntos, esto se podría categorizar como géneros comunes; *Baetodes* (Baetidae), *Leptohyphes* y *Tricorythodes* (Leptohyphidae), *Thraulodes* (Leptophlebiidae) son los géneros que aparecen en todos los puntos de monitoreo estos se consideran tolerantes a la contaminación.

Trichoptera: dentro del monitoreo pudimos registrar 15 géneros pertenecientes a nueve familias representando el 22.97% del total de individuos recolectados, la familia Hydropsychidae fue la más abundante con 33.62% del total de Trichoptera recolectado, en el cual se identificaron cuatro géneros, tres de los cuales son tolerantes a cierto grado de contaminación el género y el género *Centromacronema* del cual aún no se conoce su ecología y tolerancia a la contaminación. La familia Philopotamidae con dos géneros presentes en el monitoreo ocupa el 31.41% del total de Trichoptera donde *Chimarra* que es el género más abundante resiste contaminación. Cabe destacar que los géneros *Hidrottilia* (Hydroptilidae) y *Leptonema* (Hydropsychidae) aparecieron en cuatro de los cinco sitios visitados, también se reportan como tolerantes a la contaminación.

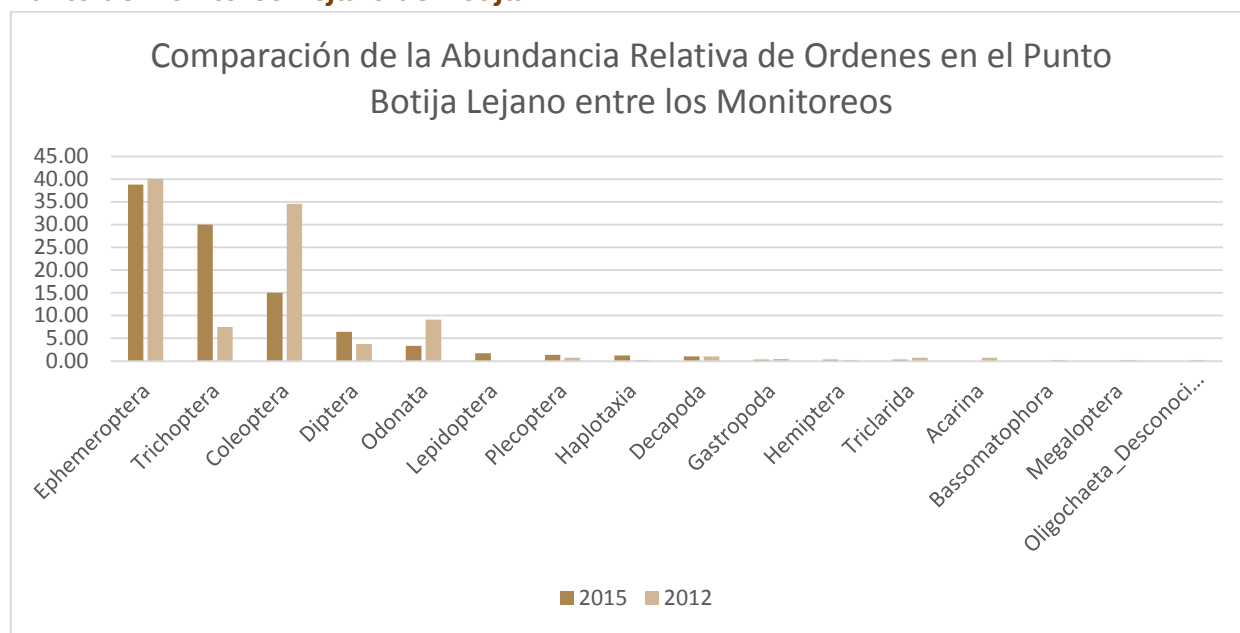
Coleoptera: Se pudieron identificar 12 géneros dentro de cuatro familias lo que representa un 10.23% del total de individuos recolectados, siendo la familia Elmidae la más abundante con el 60.33% de todos los Coleoptera en el presente monitoreo. Para hablar de la tolerancia a la contaminación de este orden de momento sólo lo podemos hacer hasta familia siendo Psephenidae y Ptilodactylidae las familias consideradas como menos tolerantes mientras que Elmidae presenta una tolerancia media y por último Hydrophilidae que se reporta como el más tolerante de las familias presentes.

Diptera: se registraron cinco familias, dentro de estas nueve géneros; también tres subfamilias de Chironomidae en este caso es el nivel más bajo de identificación posible, es la única familia de la cual no se llegó a la identificación de género. Los géneros presentes en el monitoreo de 2015 en su mayoría son tolerantes a algún grado de contaminación.

Odonata: Se registraron seis familias dentro de las cuales se identificaron diez géneros, su rango de tolerancia es medio si lo comparamos con los géneros de Ephemeroptera por ejemplo, que en su mayoría no toleran grados de contaminación.

RESULTADOS POR PUNTO DE MUESTREO:

Punto de Monitoreo Lejano de Botija:

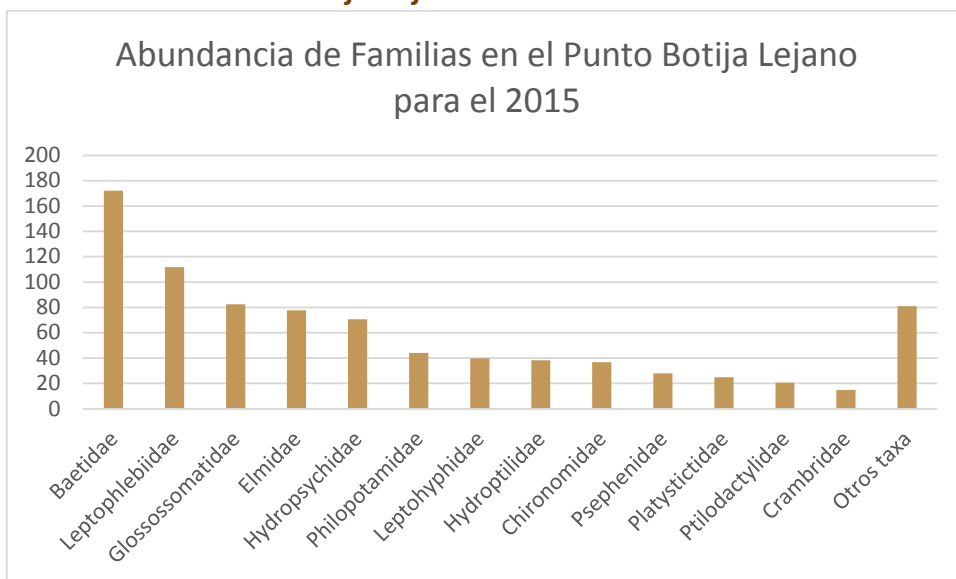


Gráfica N° 4. Comparación de la Abundancia Relativa de Órdenes en el Punto Botija Lejano entre los Monitoreos 2012-2015

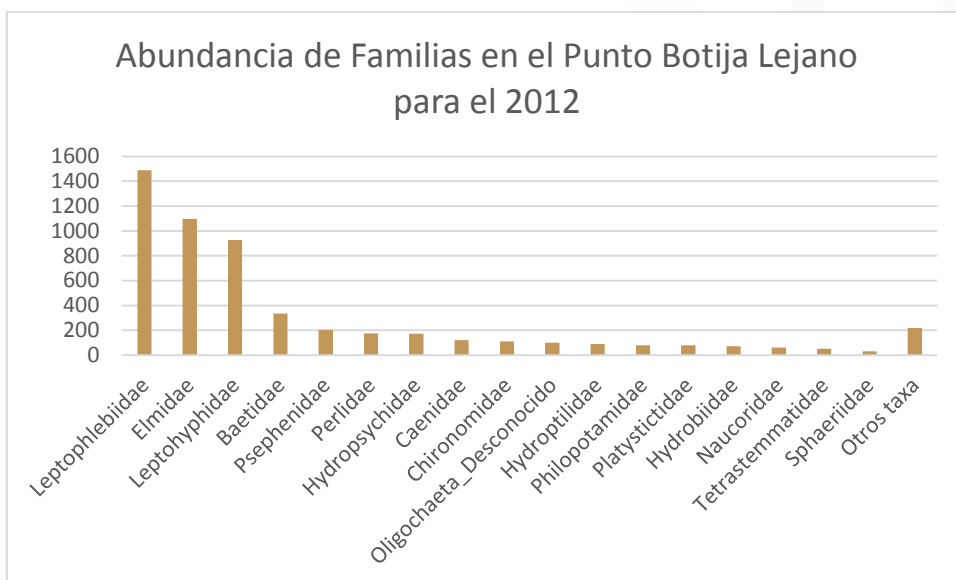
Para el monitoreo de 2015 se recolectaron 12 ordenes en este punto de monitoreo, mientras que en el 2012 se recolectaron 15; 11 de los cuales coinciden en ambos monitoreos; los órdenes más representativos en ambos monitoreos fueron Ephemeroptera, Trichoptera, Coleoptera, Diptera y Odonata.

Los datos a continuación serán expresados en cantidad de individuos por metro cuadrado.

Punto de Monitoreo Botija Lejano

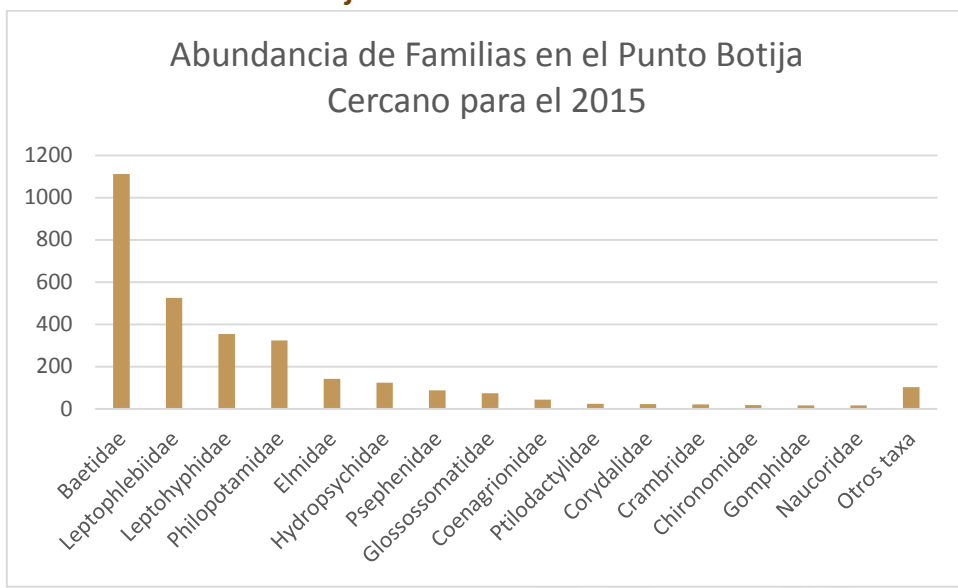


Gráfica N° 5. Abundancia de Familias en el Punto Botija Lejano Monitoreo 2015

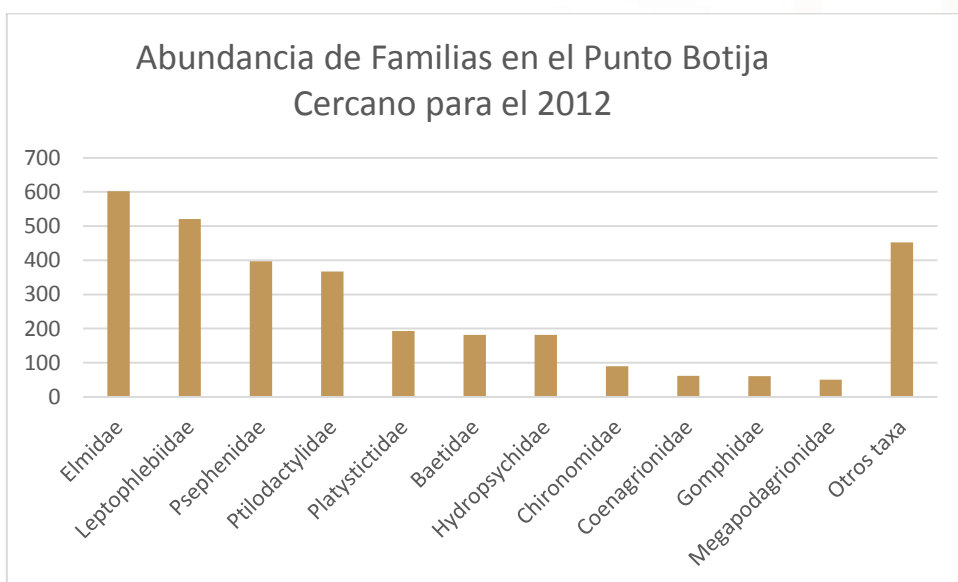


Gráfica N° 6. Abundancia de Familias en el Punto Botija Lejano Monitoreo 2012

Punto de Monitoreo Botija Cercano

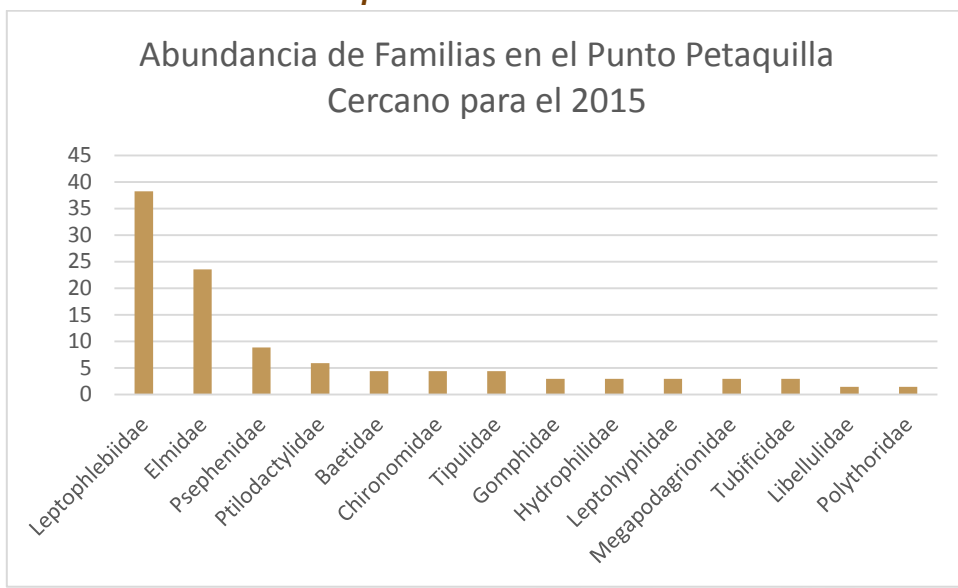


Gráfica N° 7. Abundancia de Familias en el Punto Botija Cercano Monitoreo 2015

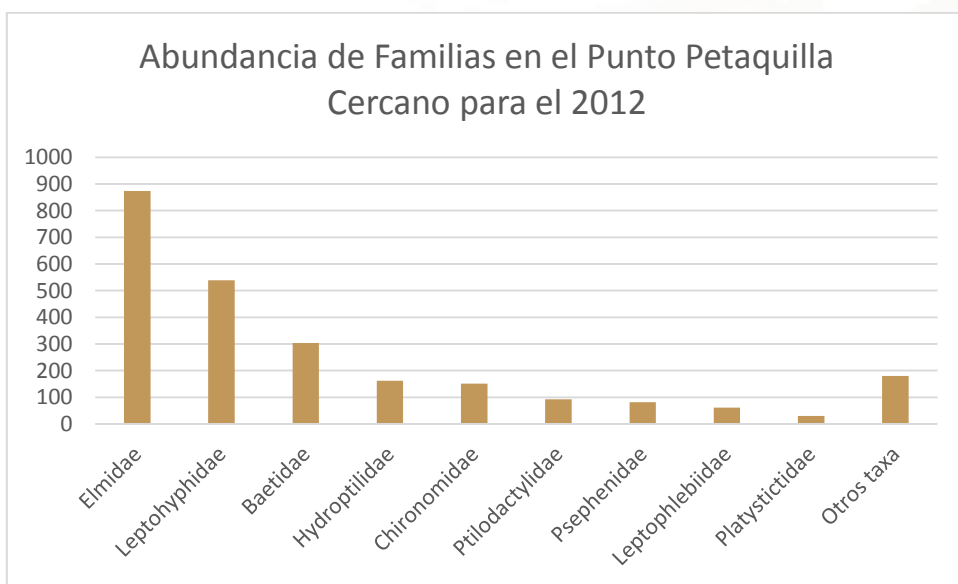


Gráfica N° 8. Abundancia de Familias en el Punto Botija Cercano Monitoreo 2012

Punto de Monitoreo Petaquilla Cercano

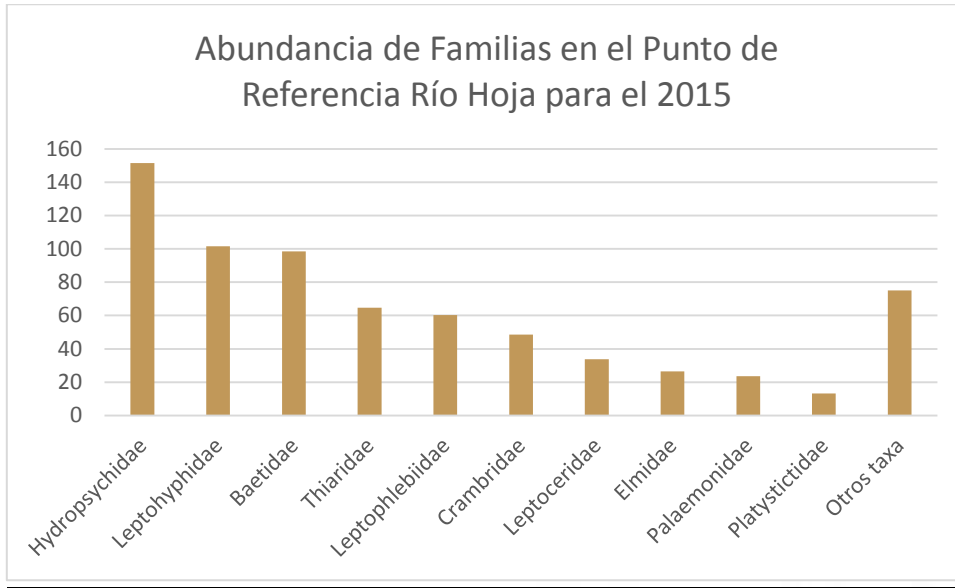


Gráfica 9. Abundancia de Familias en el Punto Petaquilla Cercano Monitoreo 2015



Gráfica 10. Abundancia de Familias en el Punto Petaquilla Cercano Monitoreo 2012

Punto de Monitoreo de Referencia Río Hoja

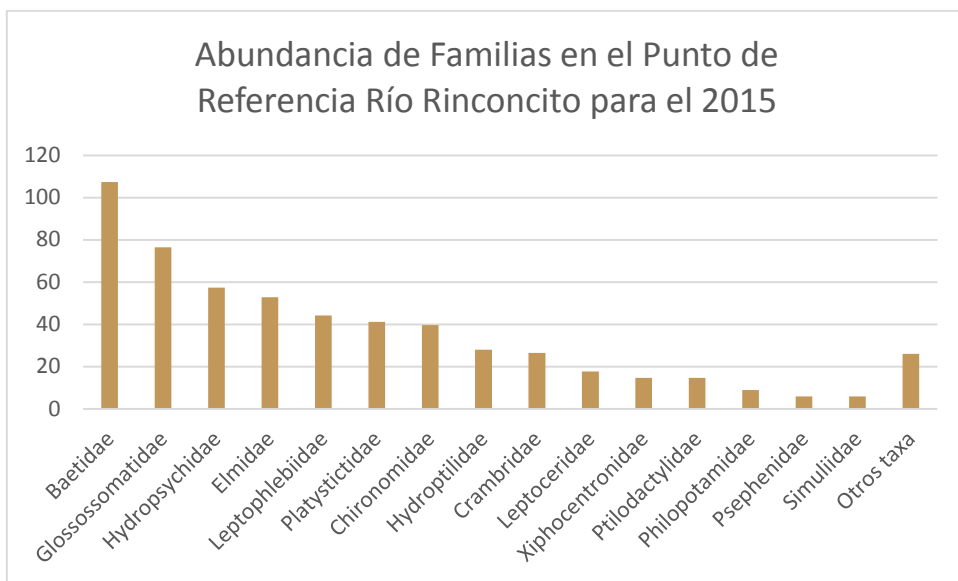


Gráfica N° 11. Abundancia de Familias en el Punto de Referencia Río Hoja Monitoreo 2015

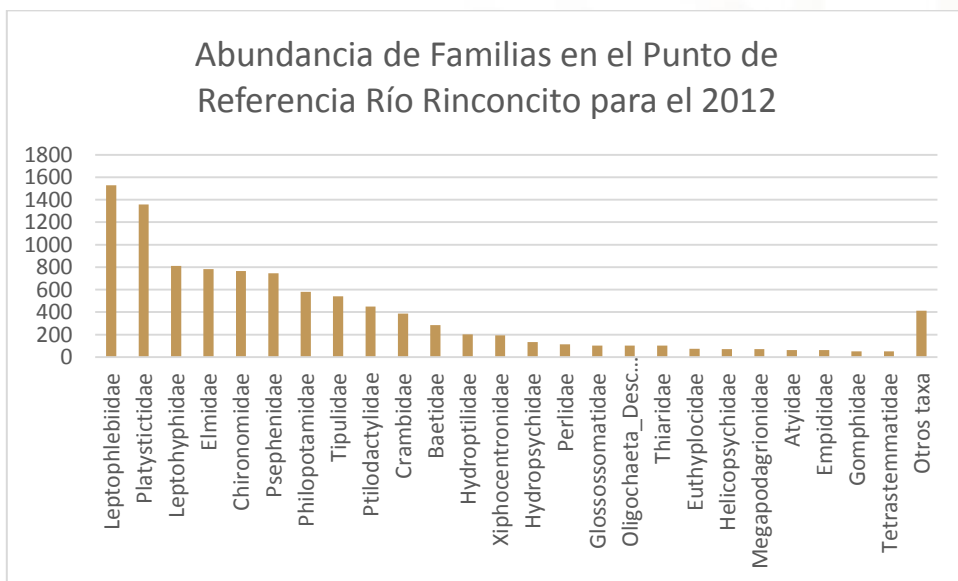


Gráfica N° 12. Abundancia de Familias en el Punto de Referencia Río Hoja Monitoreo 2012

Punto de Monitoreo de Referencia Río Rinconcito



Gráfica N° 13. Abundancia de Familias en el Punto de Referencia Río Rinconcito Monitoreo 2015



Gráfica N° 14. Abundancia de Familias en el Punto de Referencia Río Rinconcito Monitoreo 2012

MUESTREO DE LA ICTIOFAUNA Y DE LA ESPECIE DE PEZ CENTINELA (*SICYDIUM ALTUM*)

Descripción general de la ictiofauna

El monitoreo de la ictiofauna se realizó en diferentes áreas del Proyecto Cobre Panamá, entre ellas, áreas de influencia directa del proyecto, zonas de referencia sobre la cual no hay influencia del proyecto, sitios de monitoreo de la especie centinela (*Sicydium altum*).

Tomando en cuenta todos los registros obtenidos durante este monitoreo del 2015, se puede decir que la fauna acuática está representada por 30 especies de peces, pertenecientes a 25 géneros, 16 familias y 9 órdenes (Tabla N°4).

Estas 30 especies, las podemos agrupar, de acuerdo a su grado de tolerancia a la salinidad (Miller, 1966, 1976 y 1982; Myers, 1966; Briggs, 1984), en 9 especies periféricas (de origen marino pero habitan en agua dulce, ya sea de manera continua, esporádica o estacionalmente), 8 especies secundarias (toleran aguas salobres) y 13 especies primarias (no toleran aguas salobres), en la Tabla N°5 se presenta la categoría de cada especie registrada, de acuerdo a su tolerancia a la salinidad.

Algunos peces de agua dulce presentan patrones migratorios reales que puede agruparse en dos categorías, Potamódromos (Myers, 1949), que se refiere a los peces con migraciones llevadas a cabo totalmente en agua dulce y Diádromos (Myers, 1949; McDowall, 1987, 1988, 2004, 2007), que es aplicada a animales que se ven obligados a migrar entre agua dulce y salada, a fin de completar su ciclo de vida. De las especies encontradas 5 se han reportado en la literatura como migratorios potamódromos y 8 como especies migratorias diádromas (Tabla N°5); estos últimos (diádromos) se pueden subdividir en Catádromos (viven en agua dulce la mayor parte de su vida pero viajan al mar a desovar) y Anfídromos (Se desplaza entre aguas dulces y saladas parte de su vida, pero no para reproducirse).

Tabla N°4. Taxonomía de las Especies de Peces Registradas en el Monitoreo Acuático de 2015.

Orden	Familia	Género	Especie	Nombre común
Anguilliformes	Anguillidae	<i>Anguilla</i>	<i>Anguilla rostrata</i>	Anguila
Gobiesociformes	Gobiesocidae	<i>Arcos</i>	<i>Arcos nudus</i>	Chupapiedra, cabezón
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Agonostomus</i>	<i>Agonostomus monticola</i>	Lisa
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Joturus</i>	<i>Joturus pichardi</i>	Bocachica
Perciformes	Eleotridae	<i>Eleotris</i>	<i>Eleotris sp</i>	Pez sapo
Perciformes	Eleotridae	<i>Gobiomorus</i>	<i>Gobiomorus dormitor</i>	Guavina
Perciformes	Gobiidae	<i>Awaous</i>	<i>Awaous banana</i>	Chuparena
Perciformes	Gobiidae	<i>Sicydium</i>	<i>Sicydium altum</i>	titi
Perciformes	Haemulidae	<i>Pomadasys</i>	<i>Pomadasys crocro</i>	roncador
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon</i>	<i>Brycon petrosus</i>	Sábalo
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon</i>	<i>Brycon chagresi</i>	Sábalo
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax</i>	<i>Astyanax aeneus</i>	Sardina
Characiformes	Characidae	<i>Bryconamericus</i>	<i>Bryconamericus emperador</i>	Sardina
Characiformes	Characidae	<i>Hyphessobrycon</i>	<i>Hyphessobrycon panamensis</i>	Sardinita
Characiformes	Characidae	<i>Odontostilbe</i>	<i>Odontostilbe mitoptera</i>	Sardinita
Characiformes	Characidae	<i>Gephyrocharax</i>	<i>Gephyrocharax intermedius</i>	Sardina
Gymnotiformes	Hypopomidae	<i>Brachyhypopomus</i>	<i>Brachyhypopomus occidentalis</i>	Cuchillo
Siluriformes	Hetapteridae	<i>Rhamdia</i>	<i>Rhamdia laticauda</i>	Barbudo
Siluriformes	Hetapteridae	<i>Rhamdia</i>	<i>Rhamdia quelen</i>	Barbudo
Siluriformes	Loricariidae	<i>Ancistrus</i>	<i>Ancistrus chagresi</i>	Chupapiedra
Siluriformes	Loricariidae	<i>Fonchiichthys</i>	<i>Fonchiichthys uracantus</i>	Chupapalo
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus</i>	<i>Trichomycterus striatus</i>	Jaboncillo
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Brachyrhaphis</i>	<i>Brachyrhaphis cascajalensis</i>	Parivivo
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Brachyrhaphis</i>	<i>Brachyrhaphis roswithae</i>	Parivivo
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia</i>	<i>Poecilia gillii</i>	Parivivo
Cyprinodontiformes	Rivulidae	<i>Cynodonichthys</i>	<i>Cynodonichthys cf. brunneus</i>	Saltón
Cyprinodontiformes	Rivulidae	<i>Cynodonichthys</i>	<i>Cynodonichthys cf. frommi</i>	Saltón
Cyprinodontiformes	Rivulidae	<i>Cynodonichthys</i>	<i>Cynodonichthys cf. monikae</i>	Saltón
Perciformes	Cichlidae	<i>Andinoacara</i>	<i>Andinoacara coeruleopunctatus</i>	Chogorro
Synbranchiformes	Synbranchidae	<i>Synbranchus</i>	<i>Synbranchus marmoratus</i>	Anguila
9	16	25	30	TOTAL

Tabla N° 5. Fisiología y Estado Migratorio de las Especies de Peces Registradas en el Monitoreo Acuático de 2015.

Especie	Nombre común	Fisiología	Migración
<i>Anguilla rostrata</i>	Anguila	Periférico	Diádroma/Catádroma
<i>Arcos nudus</i>	Chupapiedra	Periférico	
<i>Agonostomus monticola</i>	Lisa	Periférico	Diádroma/Catádroma
<i>Joturus pichardi</i>	Bocachica	Periférico	Diádroma/Catádroma
<i>Eleotris sp</i>	Pez sapo	Periférico	Diádroma/Catádroma
<i>Gobiomorus dormitor</i>	Guavina	Periférico	Diádroma/Catádroma
<i>Awaous banana</i>	Chuparena	Periférico	Diádroma/Anfídroma
<i>Sicydium altum</i>	tití	Periférico	Diádroma/Anfídroma
<i>Pomadasys crocro</i>	roncador	Periférico	Diádroma/Anfídroma
<i>Brycon petrosus</i>	Sábalo	Primario	Potádroma
<i>Brycon chagresi</i>	Sábalo	Primario	Potádroma
<i>Astyanax aeneus</i>	Sardina	Primario	Potádroma
<i>Bryconamericus emperador</i>	Sardina	Primario	
<i>Hyphessobrycon panamensis</i>	Sardinita	Primario	
<i>Odontostilbe mitoptera</i>	Sardinita	Primario	
<i>Gephyrocharax intermedius</i>	Sardina	Primario	
<i>Brachyhypopomus occidentalis</i>	Cuchillo	Primario	
<i>Rhamdia laticauda</i>	Barbudo	Primario	Potádroma
<i>Rhamdia quelen</i>	Barbudo	Primario	Potádroma
<i>Ancistrus chagresi</i>	Chupapiedra, cabezón	Primario	
<i>Fonchiiichthys uracantus</i>	Chupapalo	Primario	
<i>Trichomycterus striatus</i>	Jaboncillo	Primario	
<i>Brachyrhaphis cascajalensis</i>	Parivivo	Secundario	
<i>Brachyrhaphis roswithae</i>	Parivivo	Secundario	
<i>Poecilia gillii</i>	Parivivo	Secundario	
<i>Cynodonichthys cf. brunneus</i>	Saltón	Secundario	
<i>Cynodonichthys cf. frommi</i>	Saltón	Secundario	
<i>Cynodonichthys cf. monikae</i>	Saltón	Secundario	
<i>Andinoacara coeruleopunctatus</i>	Chogorro	Secundario	
<i>Synbranchus marmoratus</i>	Anguila	Secundario	

Monitoreo de la especie centinela (*Sicydium altum*)

En el monitoreo de 2015 fueron recolectados en total 117 individuos de *Sicydium altum*, número muy por debajo y altamente contrastante con lo observado en 2012, donde fueron capturados 2865 individuos en total. *Sicydium altum* es una especie común aparentemente en la vertiente del Caribe, pero sólo es abundante durante la época seca. Lasso *et al.* (2008)¹ indican que en la Cuenca del Río Changuinola es la especie más abundante y que comprende casi un 63% de sus colectas, pero sólo durante la “estación seca”.

La elección de *Sicydium altum* como especie centinela (ver Informe de 2012) se hizo basado en la premisa de que es una especie común en todos los sitios de muestreo y que no emprende migraciones extensas.

Aunque no se sabe mucho sobre el comportamiento reproductivo de *Sicydium altum*, se conoce que en algunos sitios las larvas de *Sicydium altum* pasan un periodo de desarrollo en los estuarios y en cierta época del año migran aguas arriba en enormes cantidades; la mayoría de las autoridades comparten el supuesto de McDowall (1988) que todos **los gobios sicydinos** son diádromos, o sea, **son peces migratorios** que se mueven de agua dulce a aguas salobres. Es muy probable que las colectas realizadas en el monitoreo de 2012 coincidieron con estas grandes migraciones, no así la colecta del 2015. En todo caso la selección de esta especie como organismo indicador es cuestionable por cuanto una de las premisas para la elección de la especie centinela no se cumple con esta especie.

Descripción de la especie

Al igual que las demás especies del género, en el continente S. altum habita ríos localizados en las zonas montañosas cerca de la costa, donde la planicie costera es estrecha, siendo generalmente los ríos que habita de pendiente pronunciada, torrentosos de aguas claras con temperaturas entre los 22 °C y 31 °C. Viven pegados a las rocas de fondo o escondidos entre piedras, de donde obtiene su alimento.

Para el cumplimiento de su ciclo reproductivo los adultos deben poder realizar migraciones desde los ríos hacia el océano y viceversa, lo cual implica un uso obligado de los distintos biotopos (cauce del río, estuario y océano). Los adultos procrean en los ríos y las larvas migran hacia el océano de forma pasiva.

Desde el océano, se produce una nueva migración a las desembocaduras de los ríos hacia el final de su etapa larval o como juveniles. Los *Sicydium* en general, en su etapa juvenil migran activamente río arriba, desarrollándose progresivamente en su ascenso, alcanzando alturas superiores a los 90 m.s.n.m., para desarrollarse sexualmente, aparearse y poner los huevos, generalmente en nidos cavados bajo

los fondos de grava o roca donde los adhiere y deja al cuidado del macho (Bell, 1994; Bussing, 1998; Lyons, 2005). (Lyons, 2005). Las restricciones biológicas que generan esta obligación son de carácter trófico: las larvas se alimentan únicamente de plancton, el cual abunda en aguas marinas, mientras que los juveniles y adultos ramonean (algas y organismos incrustantes) sobre las rocas del fondo del río, presentando características bentónicas.

Reproducción

Esta especie presentaría el ciclo de vida característica del género, con la presencia de cinco etapas netamente diferenciadas: huevo (río), larva (migra al océano), post-larva (estuarial; cambio de hábito alimenticio), metamorfosis a juvenil (migración aguas arriba) y adulto (Fievet, E & Le Guennec, 1998; Lyons, 2005).

Los machos de *Sicydium* defienden el territorio reproductivo, donde las hembras depositan huevos adhesivos y bentónicos, generalmente debajo de una roca o en grietas del fondo rocoso (Keith, 2003; Silva-Melo & Acero, 1990).

Para las especies anfídromas como *S. altum* se describen dos tipos de migraciones: la primera ocurre a partir de la eclosión del huevo, donde las larvas deben dirigirse al mar en forma obligada, ya que las hembras adultas no migran (Fièvet et al. 2001). Esta migración es del tipo pasiva donde las larvas nacidas aguas arriba del cauce son arrastradas por la corriente hacia la desembocadura del río o riachuelo (McDowall, 1997).

Existe un dimorfismo sexual, que se manifiesta en algunos sectores del cuerpo. Así la papila genital de los machos es ovalada y pequeña (figura 1), en tanto que la de las hembras es bifurcada y más grande (figura 2). En los machos la segunda y tercera espinas de la primera aleta dorsal sobrepasan la base de la segunda aleta dorsal (figura 3), mientras que en las hembras las espinas son cortas, no alcanzando a tocar a la aleta dorsal posterior (figura 4).



Figura N° 15. Papila genital del macho de Sicydium altum.

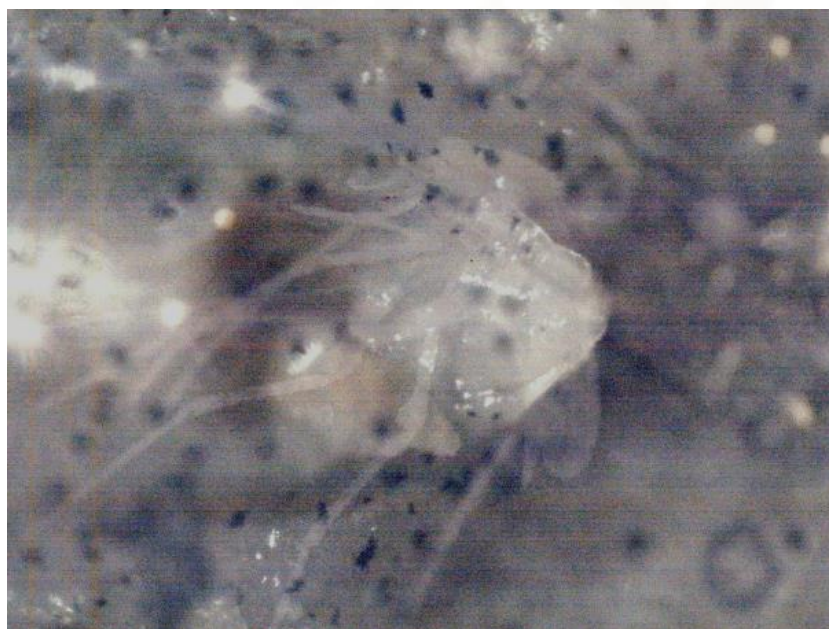


Figura N° 16. Papila genital de la hembra de Sicydium altum.

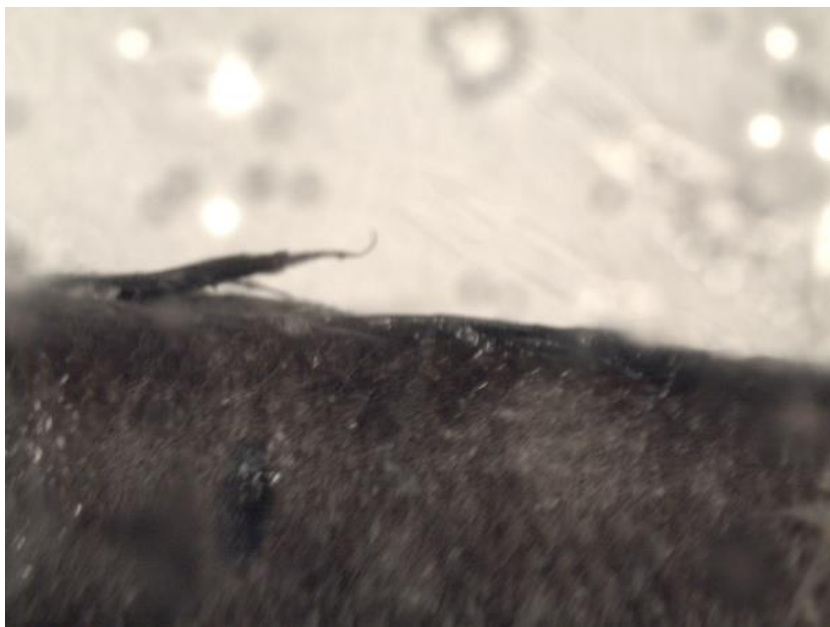


Figura N° 17. Aletas dorsales del macho Sicydium altum

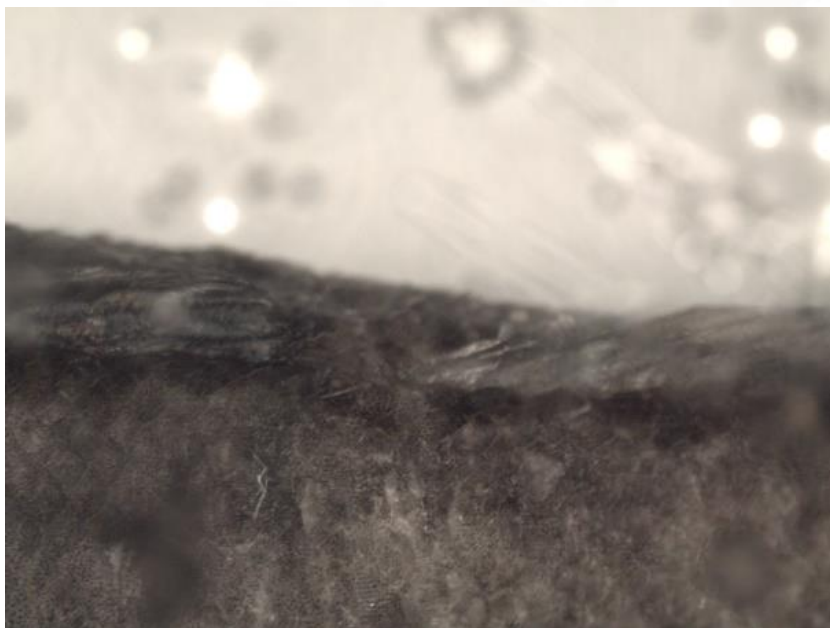


Figura N° 18. Aletas dorsales de la hembra Sicydium altum

Escala de madurez

Generalmente se requieren entre 15 y 20 machos y hembras adultas y maduras. Se examinaron tanto machos como hembras de las localidades donde se pudo obtener al menos 20 hembras para evaluar su reproducción.

Después de evaluar las tres localidades de monitoreo se pudo obtener una escala de madurez adaptada de la desarrollada por Holden y Raitt (Tabla 1 y 2).

Tabla N°6. Escala empírica de madurez sexual para las hembras de la especie centinela (*Sicydium altum*), adaptada de Holden y Raitt, 1975).

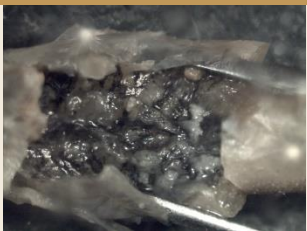
FASE	ESTADO	ASPECTO GENERAL	FOTO
I	Inmaduro	Ovarios ocupan cerca de 1/3 de la longitud de la cavidad abdominal, ovocitos invisibles a simple vista.	
II	Madurando/ recuperación	Ovarios ocupan casi la mitad de la longitud de la cavidad abdominal, ovocitos visibles a simple vista.	
III	Maduro	Los ovarios cubren cerca de 2/3 de la cavidad abdominal. Aspecto granular, ovocitos visibles. Los ovocitos son grandes e identificables a simple vista.	
IV	Hidratado/ Desovando	Los ovarios ocupan toda la cavidad abdominal. Los ovocitos son de mayor tamaño que los de una gónada madura.	
V	Regeneración/Reversión	Ovarios flácidos, distendidos, contraídos a la mitad de la cavidad abdominal. Los ovarios pueden contener aún restos de ovocitos opacos, maduros y en desintegración. Este ovario pasa a la etapa II de esta escala.	

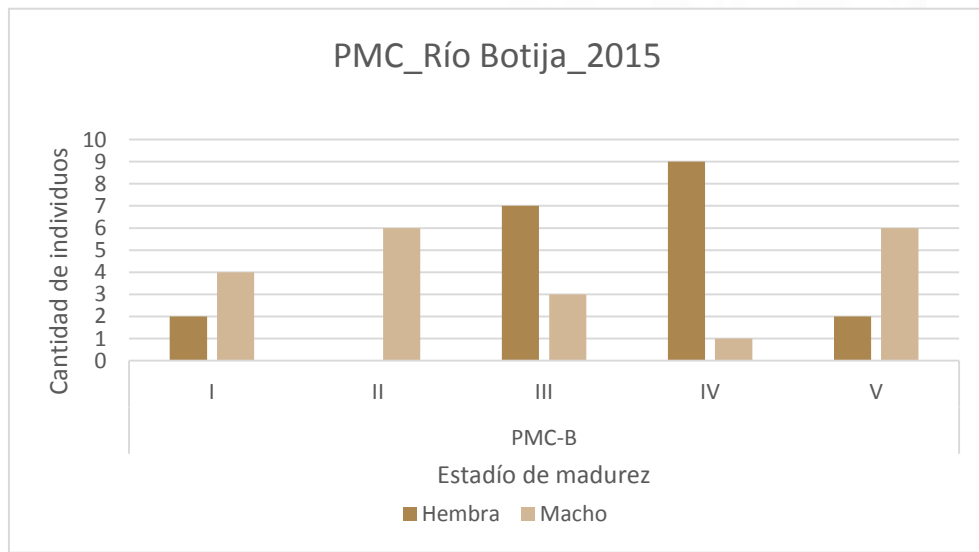
Tabla N°7. Escala empírica de madurez sexual para los machos de la especie centinela (*Sicydium altum*), adaptada de Holden y Raitt, 1975)

FASE	ESTADO	ASPECTO GENERAL	FOTO
I	Inmaduro	Testículos muy pequeños situados cerca de la columna vertebral, delgados y transparentes.	
II	Madurando/ recuperación	Testículos sin zonas blancas, presentan un borde posterior liso unido al mesenterio y un borde anterior acintado que forman repliegues en forma de "S".	
III	Maduro	Testículos desarrollados, abultados.	
IV	Hidratado/ Desovando	Testículos desarrollados aspecto suave, cremoso.	
V	Regeneración/ Reversión	Testículos vacíos de gran tamaño, flácidos.	

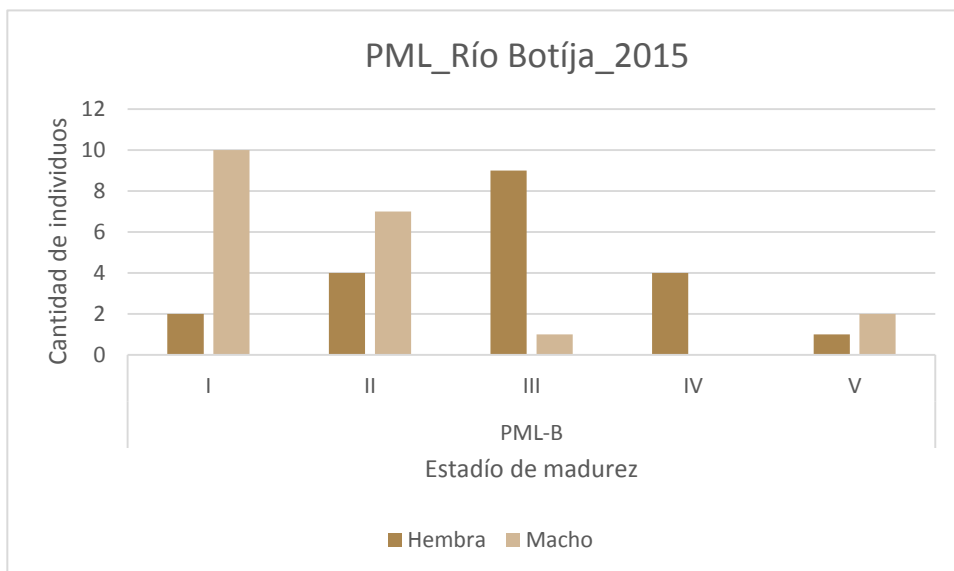
Solamente en tres localidades se pudo obtener individuos suficientes de *Sicydium* para completar una evaluación estadística de métricas de salud relativas al crecimiento, el almacenamiento de energía y la reproducción.

En el PMC del Río Botija fue posible obtener datos del punto de exposición (cercano) y de referencia (lejano) y para la localidad del río Petaquilla solo se obtuvo datos del PMC, observándose que la comunidad de la especie centinela en el río Botija se encontraba en estado reproductivo mientras que en el río Petaquilla la mayoría de los individuos estaba inmaduro o en proceso de maduración (Figura 5).

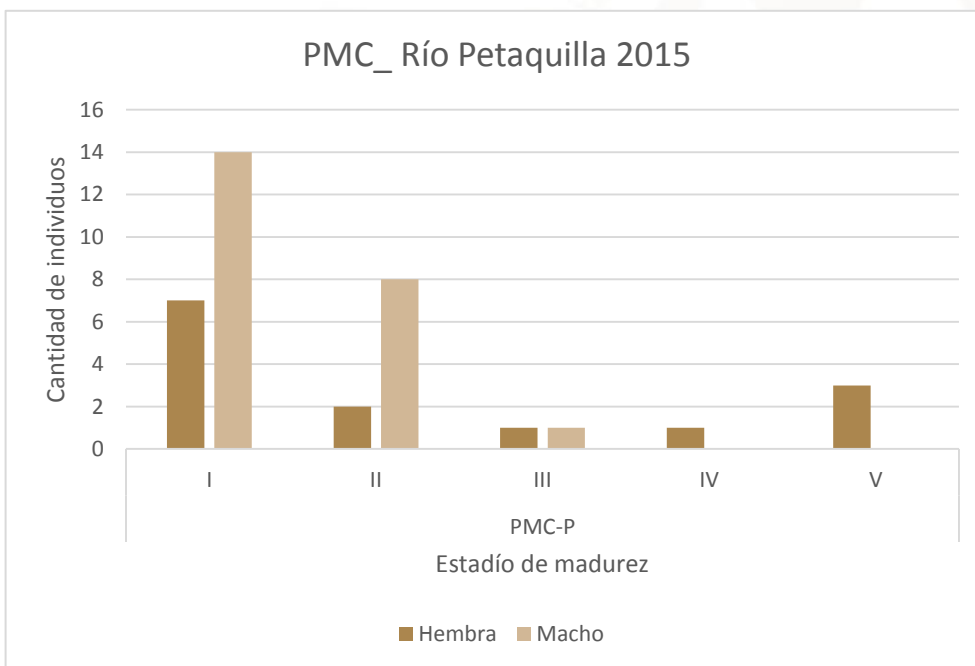
Otra diferencia que se puede ver en la gráfica es que en el punto cercano las hembras estaban en estado maduro o desove mientras que en el punto lejano ya habían desovado y estaban en proceso de maduración.



Gráfica N°15 .Comparación de los estadios de madurez para la especie centinela, *Sicydium altum*. PMC_Botija.



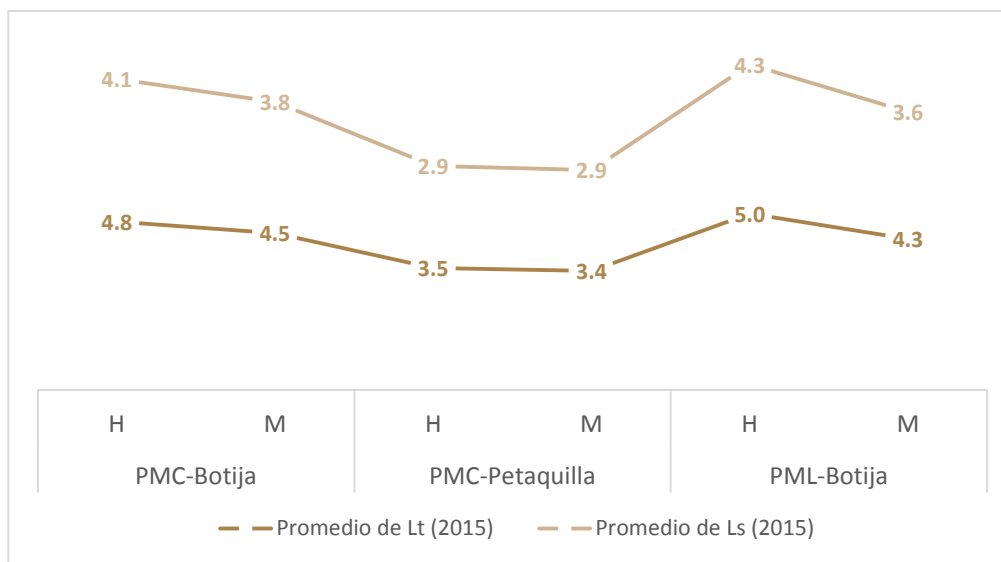
Gráfica N° 16 Comparación de los estadíos de madurez para la especie centinela, *Sicydium altum* _PML_Botija



Gráfica N° 17. Comparación de los estadíos de madurez para la especie centinela, *Sicydium altum* _PMC_Petaquilla

Tamaño

Los individuos de la especie centinela que habitan el río Botija presentaron un mayor tamaño en promedio en relación al río Petaquilla. Así mismo en el punto lejano del río Botija se registraron hembras de mayor tamaño que en el punto cercano (Gráfica 18).



Gráfica N° 18. Comparación de la longitud estándar y longitud total tanto de machos (M) como de hembras (H) entre localidades.

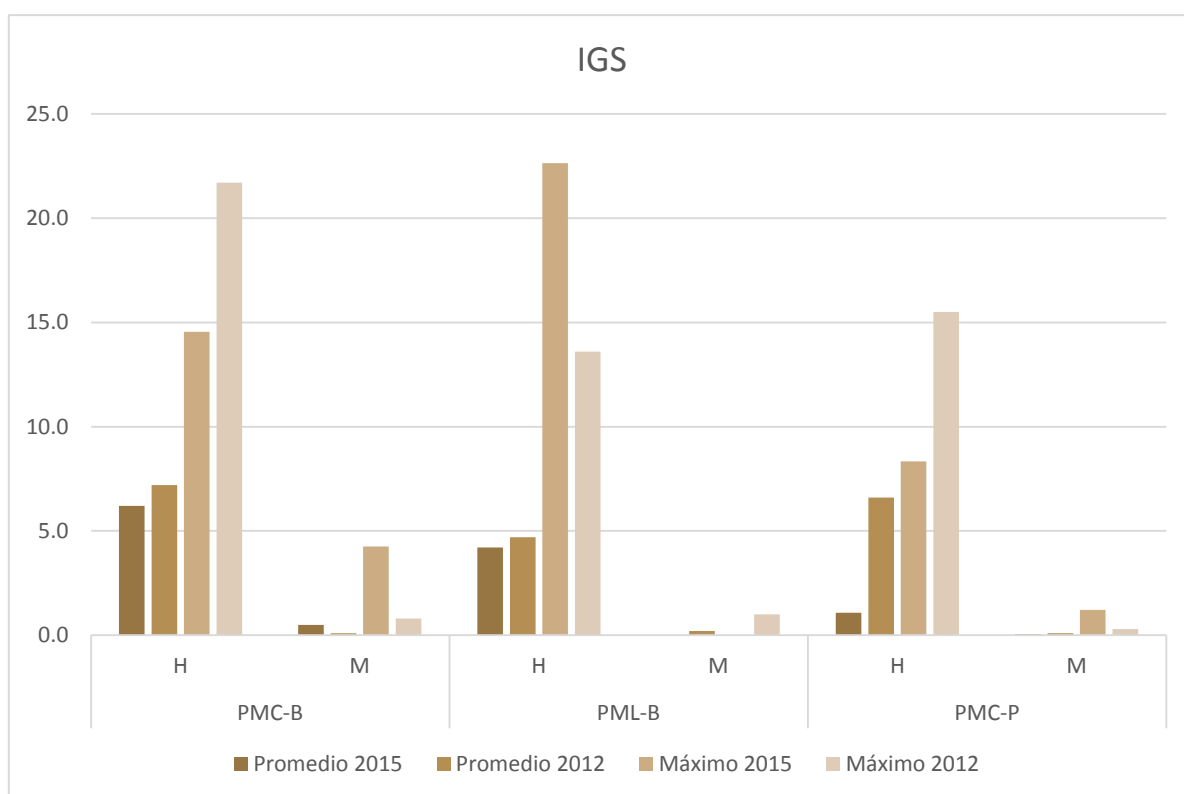
Medidas fisiológicas

Las mediciones que se hicieron con la especie centinela se resumen en la Tabla 3 e incluyen la longitud total y estándar, peso total, peso gonadal, peso eviscerado, índice gonadosomático, factor de condición y género.

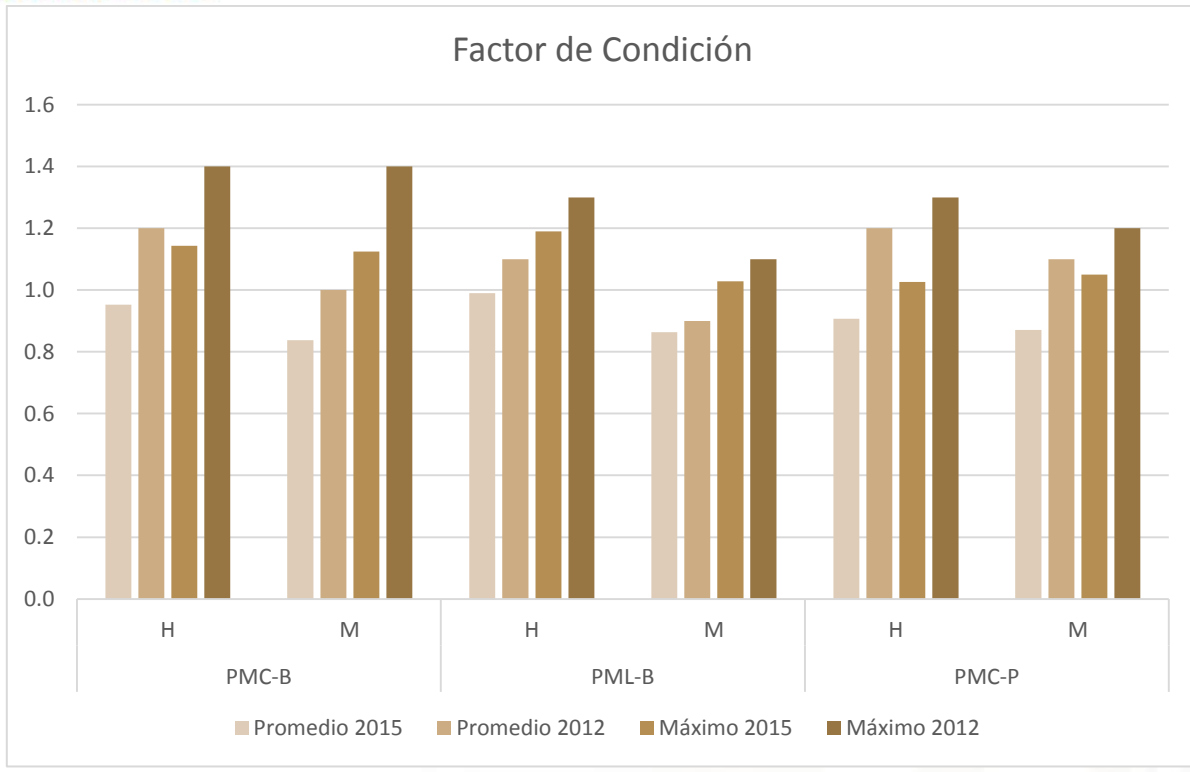
En general, una diferencia del 10% en la condición de los peces, o las diferencias al 25% en el peso gonadal se consideran como cambios ecológicamente relevantes.

Al comparar los índices obtenidos en el río Botija cercano y lejano no se observan diferencias relevantes. De igual manera no hay diferencias relevantes al comparar con los indicadores obtenidos durante el monitoreo del 2012.

Sin embargo en el río Petaquilla al comparar los dos monitoreos se observan diferencias mayores al 25% para el IGS y mayor al 10% para la condición. Este cambio puede deberse a que la mayoría de los individuos encontrados durante el 2015 en esta localidad se encontraban inmaduros o madurando. Al parecer durante el 2012 si estaban en madurez y de mayor tamaño.



Gráfica N° 19. Comparación del índice gonadosomático



Gráfica N° 20. Comparación del factor de condición.

Salud

De manera general no se observaron anomalías morfológicas, sin embargo se encontró individuos con parásitos de puntos negros, especialmente en el área del río Botija lejano donde casi todos los individuos presentaban estos puntos negros.

PMC-B-F Hembras						PMC-B-F Machos					
	Longitud Total (cm)	Peso Total (g)	Peso de la gónada (g)	Factor de Condición CF	Índice gonadosomático IGS		Longitud Total (cm)	Peso Total (g)	Peso de la gónada (g)	Factor de Condición CF	Índice gonadosomático IGS
Cuenta	20	20	20	20	20	Cuenta	20	20	20	20	20
Promedio	4,82	1,16	0,08	0,95	6,21	Promedio	4,48	0,83	0,00	0,84	0,49
Máximo	6,00	2,35	0,23	1,14	14,56	Máximo	6,10	2,43	0,03	1,13	4,26
Mínimo	3,80	0,44	0,00	0,75	0,00	Mínimo	3,80	0,39	0,00	0,64	0,00
Desviación estándar	0,69	0,59	0,07	0,10	4,82	Desviación estándar	0,67	0,56	0,01	0,13	1,05
PML-B-F Hembras						PML-B-F Machos					
	Longitud Total (cm)	Peso Total (g)	Peso de la gónada (g)	Factor de Condición CF	Índice gonadosomático IGS		Longitud Total (cm)	Peso Total (g)	Peso de la gónada (g)	Factor de Condición CF	Índice gonadosomático IGS
Cuenta	20	20	20	20	20	Cuenta	20	20	20	20	20
Promedio	5,05	1,37	0,04	0,99	4,20	Promedio	4,32	0,76	0,00	0,86	0,00
Máximo	6,80	3,19	0,20	1,19	22,64	Máximo	6,50	2,58	0,00	1,03	0,00
Mínimo	3,40	0,32	0,00	0,74	0,00	Mínimo	3,20	0,29	0,00	0,70	0,00
Desviación estándar	0,76	0,64	0,05	0,10	6,74	Desviación estándar	0,81	0,51	0,00	0,09	0,00
PMC-P-F Hembras						PMC-P-F Machos					

	Longitud Total (cm)	Peso Total (g)	Peso de la gónada (g)	Factor de Condición CF	Índice gonadosomático IGS			Longitud Total (cm)	Peso Total (g)	Peso de la gónada (g)	Factor de Condición CF	Índice gonadosomático IGS
Cuenta	14	14	14	14	14		Cuenta	23	23	23	23	23
Promedio	3,49	0,40	0,00	0,91	1,07		Promedio	3,40	0,37	0,00	0,87	0,05
Máximo	4,30	0,67	0,03	1,03	8,33		Máximo	4,50	0,83	0,01	1,05	1,22
Mínimo	3,00	0,22	0,00	0,81	0,00		Mínimo	2,90	0,18	0,00	0,72	0,00
Desviación estándar	0,35	0,13	0,01	0,07	2,74		Desviación estándar	0,47	0,18	0,00	0,09	0,25

Tabla N° 8. Estadísticos de las medidas morfológicas y fisiológicas de la especie centinela, *Sicydium altum*

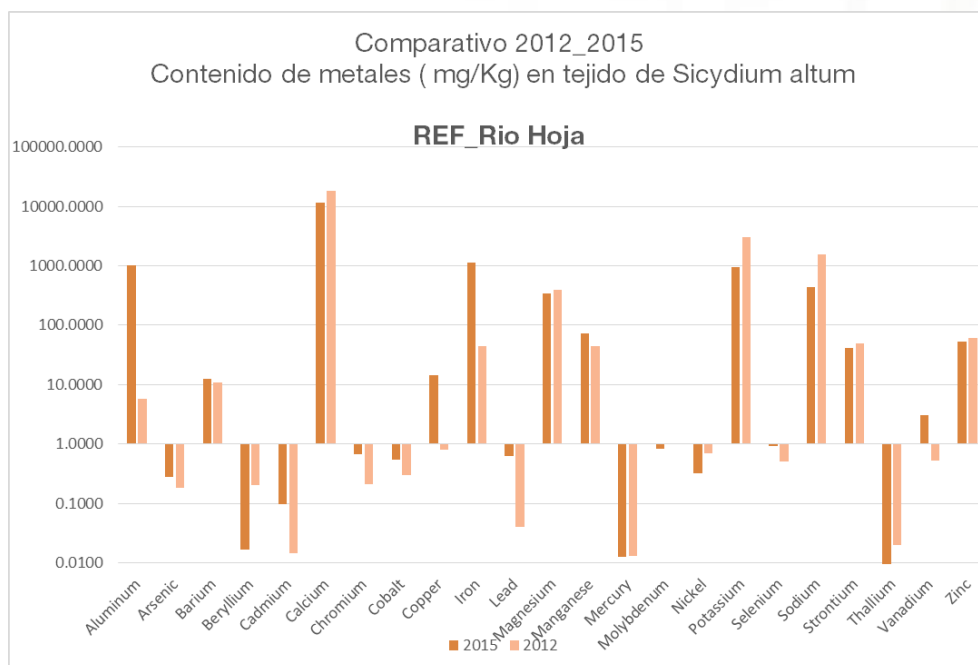
NIVELES DE METALES EN INVERTEBRADOS Y PECES

Sycidium altum

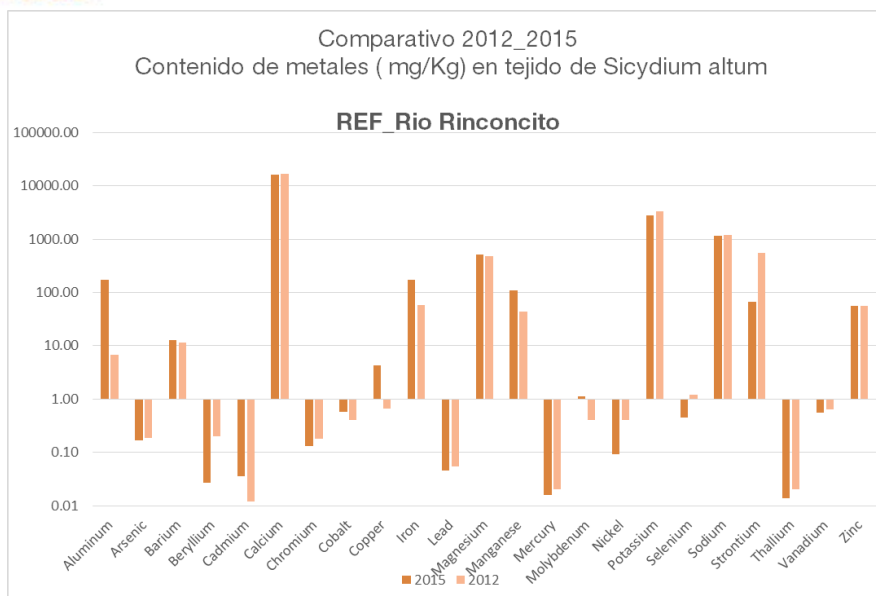
En términos generales, cuando se comparan los datos de línea base y el monitoreo actual, no se observaron variaciones significativas en las concentraciones de metales pesados en tejido muscular de la especie *Sycidium altum*.

No obstante si se identifica una importante variación en el contenido de aluminio y cobre en todas las estaciones de muestreo, incluso las de referencia, infiriendo que el cambio no está relacionado a actividades o cambios en la composición química del agua o sustratos de los cual obtienen sus alimentos esta especie, provocados por alguna actividad antropogénica.

Las gráficas 8 y 9 muestran la comparación en la concentración de metales pesados en las muestras de tejido de *Sycidium altum* en las estaciones de referencia.

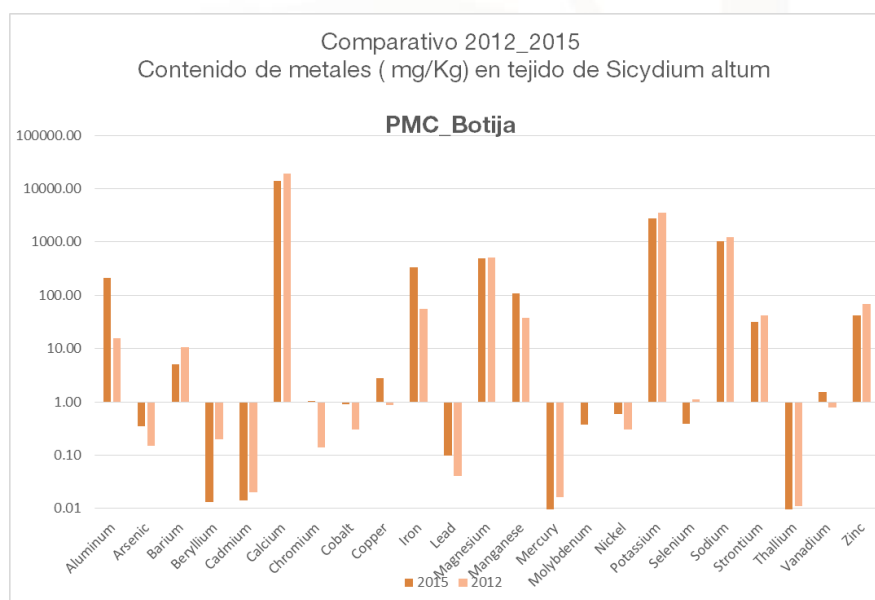


Gráfica N° 21. Comparación del contenido de metales en *Sycidium altum* 2012 -2015 en Rio Hoja

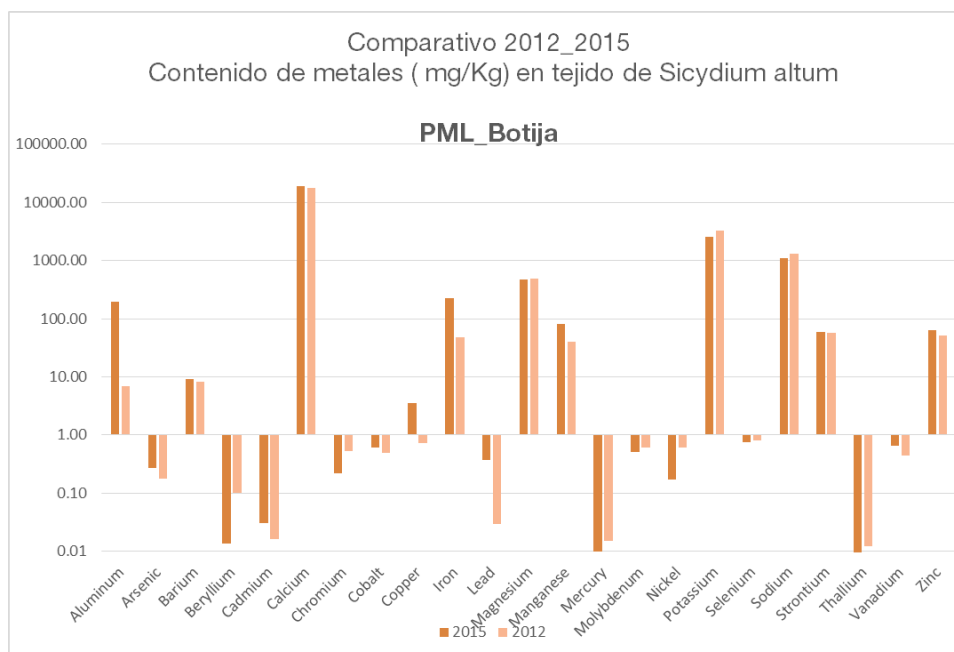


Gráfica N° 22. Comparación del contenido de metales en *Sicydium altum* 2012 -2015 en Rio Rinconcito.

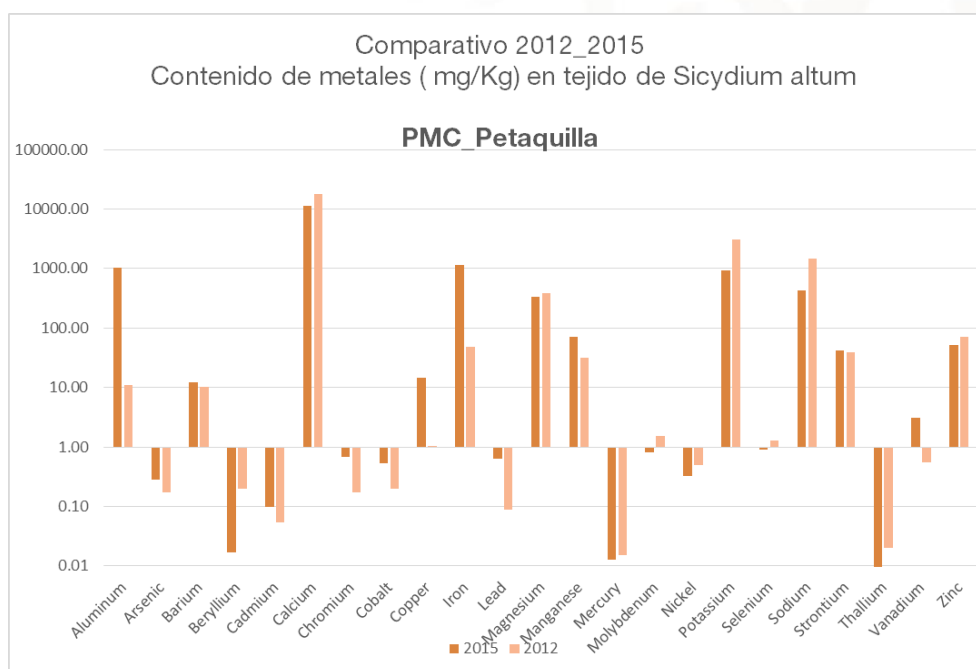
Cuando se comparan los resultados en los PMC y PML del Rio Botija la condición de incremento en la concentración de aluminio y cobre se mantiene, sugiriendo que no se trata de una condición asociada a la distancia de la toma de la muestra con respecto al proyecto en construcción.



Gráfica N° 23. Comparación del contenido de metales en *Sicydium altum* 2012 -2015 en PMC Botija.



Gráfica N° 24. Comparación del contenido de metales en *Sicydium altum* 2012 -2015 en PML_Botija.



Gráfica N° 25. Comparación del contenido de metales en *Sicydium altum* 2012 -2015 en PMC_Petaquilla

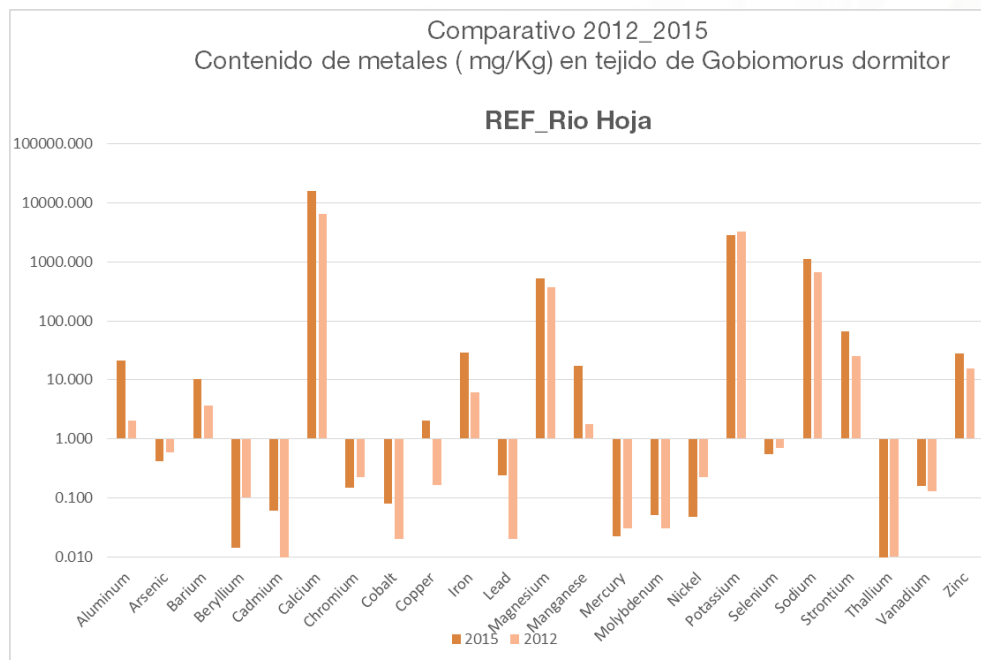
Igual condición se registró en el PMC del Río Petaquilla, apoyando la conclusión de que se trata un cambio homogéneo que bien podría estar asociado variaciones estacionales o incluso a los propios del método analítico. En todo caso se trata de la primera comparación de datos contra la línea base.

Concentraciones medias de metales en <i>Sicydium altum</i> 2015					
Metal	REF_Rio Hoja	Ref_ Rinconcito	PMC_ Botija	PML_ Botija	PMC_Petaquilla
Aluminum	1032.75	171.00	212.80	197.80	1032.75
Arsenic	0.28	0.17	0.35	0.27	0.28
Barium	12.40	12.59	5.00	9.06	12.40
Beryllium	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02
Cadmium	0.10	0.04	0.01	0.03	0.10
Calcium	11442.50	16437.50	13820.00	19060.00	11442.50
Chromium	0.68	0.13	1.03	0.22	0.68
Cobalt	0.54	0.57	0.90	0.61	0.54
Copper	14.38	4.29	2.74	3.50	14.38
Iron	1143.00	171.81	330.40	227.40	1143.00
Lead	0.63	0.05	0.10	0.37	0.63
Magnesium	337.25	506.63	487.60	480.60	337.25
Manganese	71.63	108.41	109.02	82.32	71.63
Mercury	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01
Molybdenum	0.82	1.11	0.38	0.52	0.82
Nickel	0.33	0.09	0.59	0.17	0.33
Potassium	938.50	2750.00	2746.00	2602.00	938.50
Selenium	0.92	0.45	0.39	0.74	0.92
Sodium	433.25	1173.75	1036.80	1112.60	433.25
Strontium	41.68	66.26	31.14	58.64	41.68
Thallium	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Vanadium	3.03	0.56	1.52	0.65	3.03
Zinc	52.38	55.01	42.10	62.84	52.38

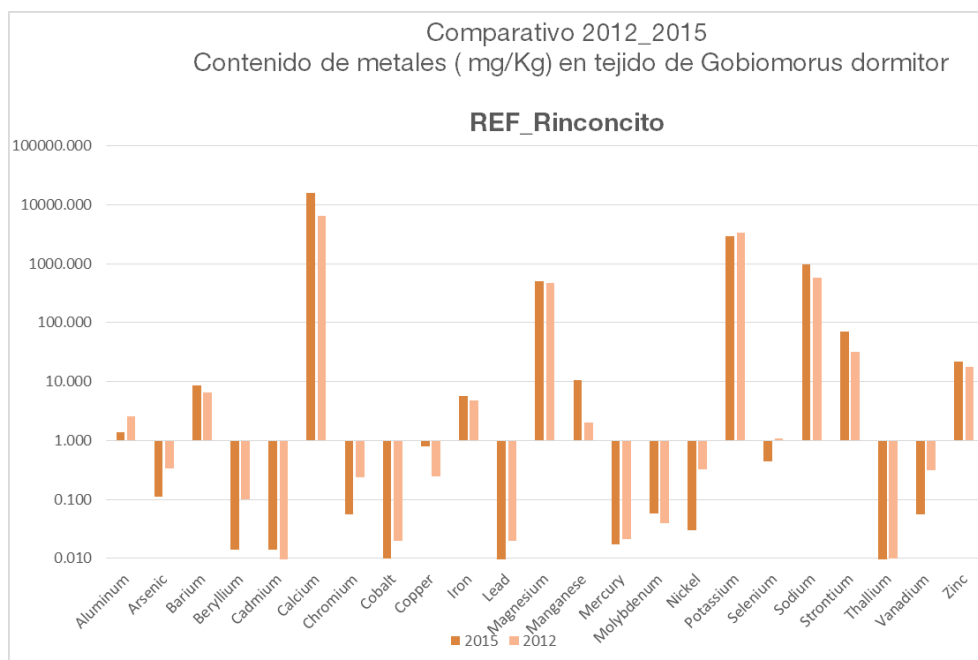
Tabla N° 9. Concentraciones medias de metales en *Sicydium altum*

Gobiomorus dormitor

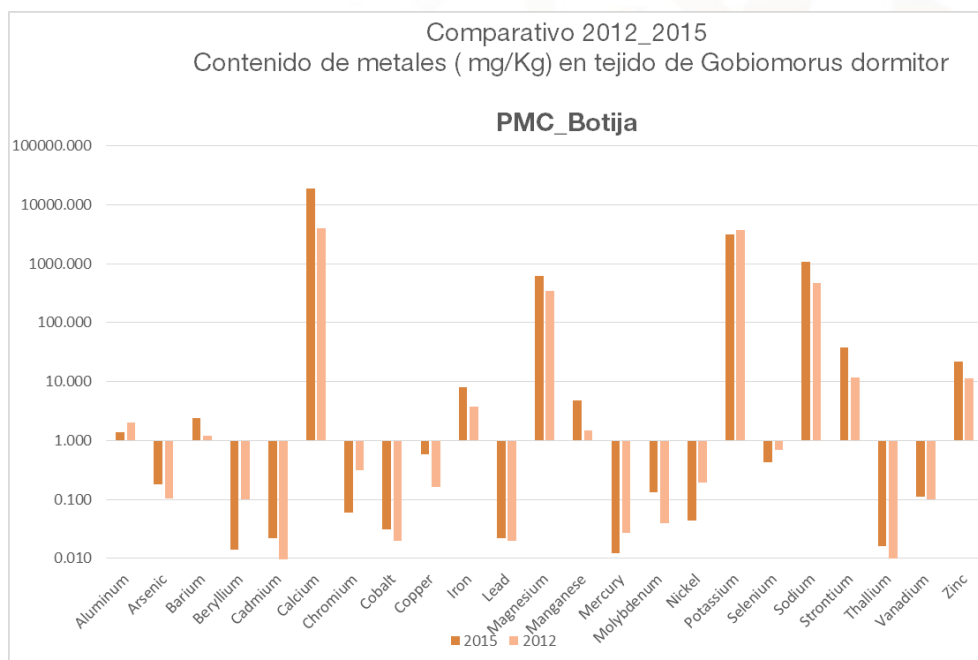
Para la especie *Gobiomorus dormitor* no se registra el cambio en la concentración de aluminio y cobre para las muestras de tejido, solo se presentan ligeras variaciones que no exceden un orden de magnitud. Esta situación se verifica además para todos los puntos de muestreo del periodo 2015. La condición de estabilidad en la concentración de metales pesados se ajusta más al comportamiento esperado de una especie cuyas poblaciones tienen un carácter temporal y espacial estable o permanente en el cuerpo de agua.



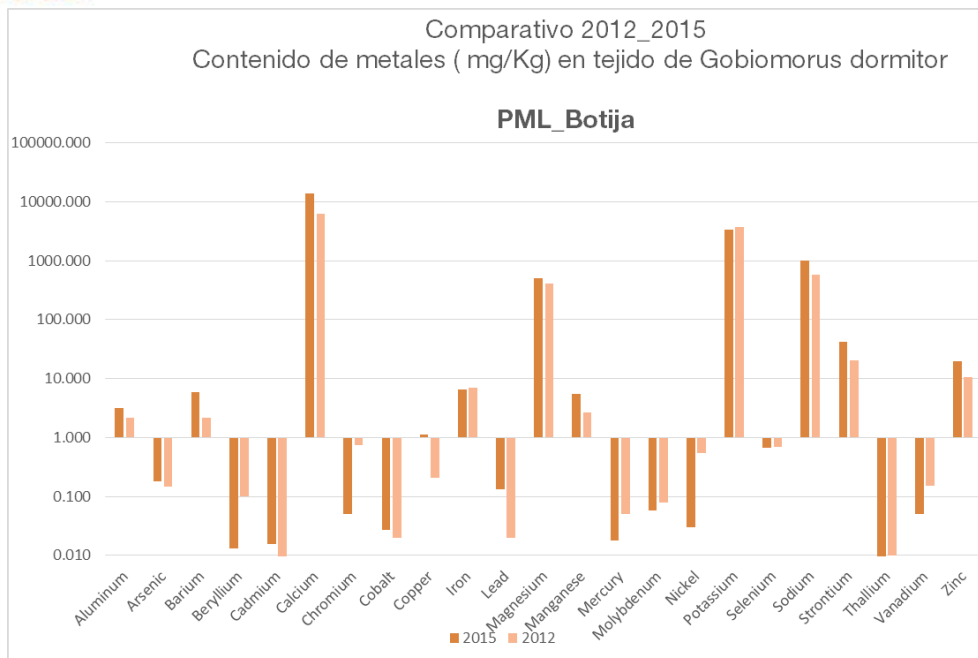
Gráfica N° 26. Comparación del contenido de metales en *Gobiomorus dormitor* 2012 - 2015 en REF_Rio Hoja



Gráfica N° 27. Comparación del contenido de metales en *Gobiomorus dormitor* 2012 - 2015 en REF_Rio Rinconcito



Gráfica N° 28. Comparación del contenido de metales en *Gobiomorus dormitor* 2012 - 2015 en PMC_Botija



Gráfica N° 29. Comparación del contenido de metales en *Gobiomorus dormitor* 2012 - 2015 en PML_Botija

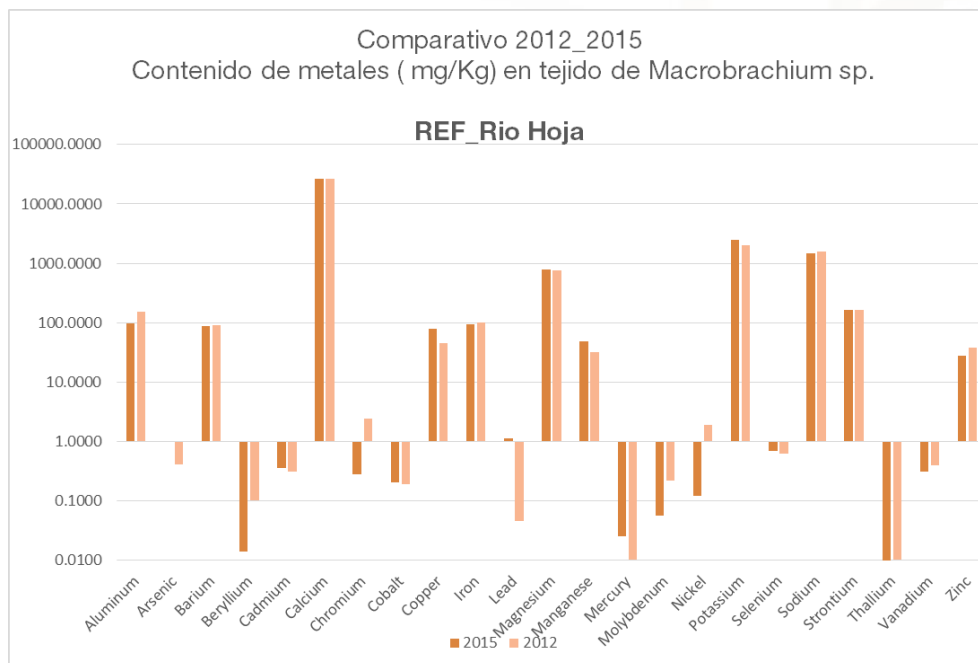
Concentraciones medias de metales en <i>Gobiomorus dormitor</i> _2015				
Metal	REF_Rio Hoja	Ref_Rinconcito	PMC_Botija	PML_Botija
Aluminum	21.300	1.400	1.400	3.150
Arsenic	0.410	0.110	0.180	0.180
Barium	10.300	8.700	2.400	5.900
Beryllium	0.014	0.014	0.014	0.013
Cadmium	0.061	0.014	0.022	0.016
Calcium	16200	15700	19100	13850
Chromium	0.150	0.055	0.059	0.051
Cobalt	0.079	0.010	0.031	0.027
Copper	2.000	0.780	0.580	1.110
Iron	29.000	5.600	8.100	6.500
Lead	0.240	0.003	0.022	0.132
Magnesium	524	506	625	500
Manganese	17.300	10.400	4.700	5.550
Mercury	0.022	0.017	0.012	0.018
Molybdenum	0.051	0.057	0.130	0.058
Nickel	0.047	0.030	0.043	0.030
Potassium	2820	2940	3120	3330
Selenium	0.550	0.440	0.430	0.675
Sodium	1140	982	1080	1007
Strontium	66.20	69.30	38.10	42.35
Thallium	0.003	0.003	0.016	0.003
Vanadium	0.160	0.055	0.110	0.050
Zinc	28.00	21.40	22.10	19.45

Tabla N° 10. Concentraciones medias de metales en *Gobiomorus dormitor*

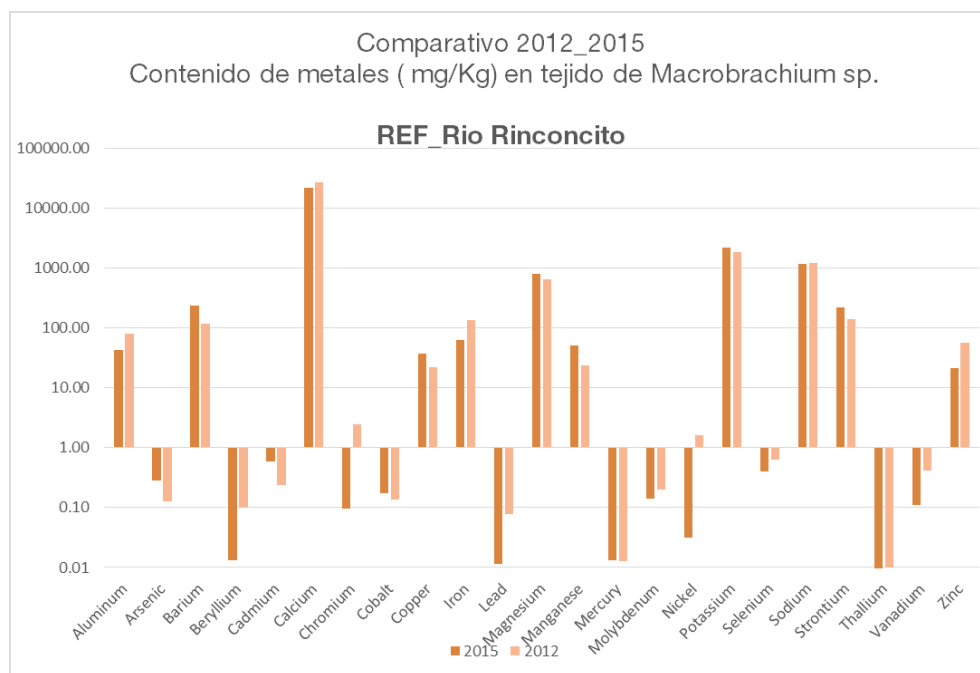
Macrobrachium sp

En contraste con lo observado en los cuadros comparativo de concentración de metales en peces, las muestras de *Macrobrachium sp*. Mantienen concentraciones sin variaciones significativas en los parámetros medidos. Los pocos cambios observados han sido en sentido a la disminución de los valores, especialmente en la concentración de níquel de descendió en casi todos los punto en uno o más ordenes de magnitud.

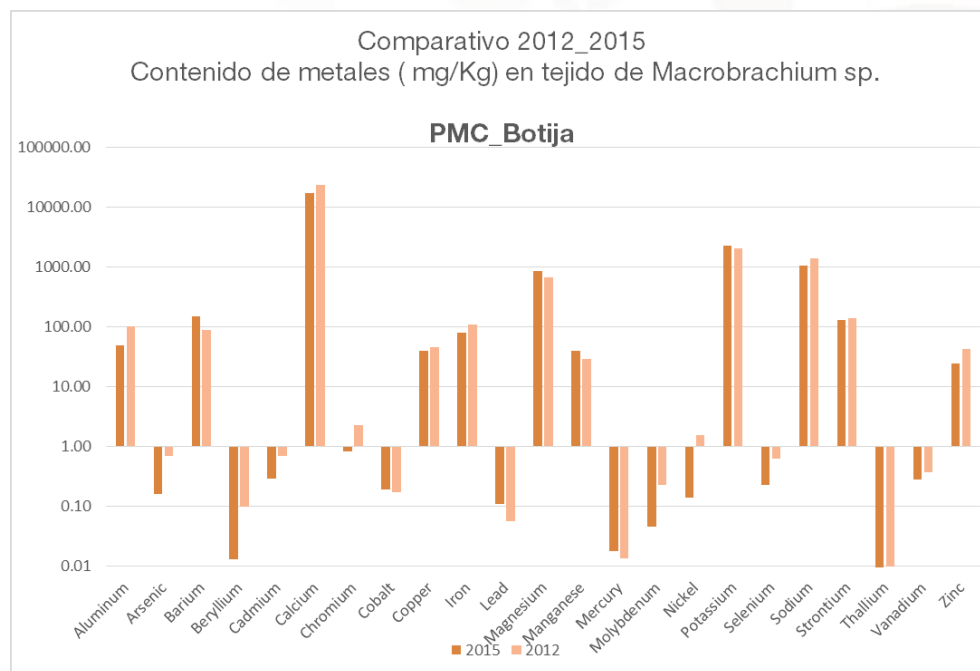
Este comportamiento de estabilidad parece ser muy apropiado a fines de decidir cuales o cual organismo mantiene valores de concentración de metales más estables en el tiempo. A medida que se vayan generando más resultados, se podrán establecer tendencias no solo para definir las especies indicadoras que mejor se ajusten a las necesidades del proyecto, sino también a identificar los parámetros que resulten óptimos para el monitoreo.



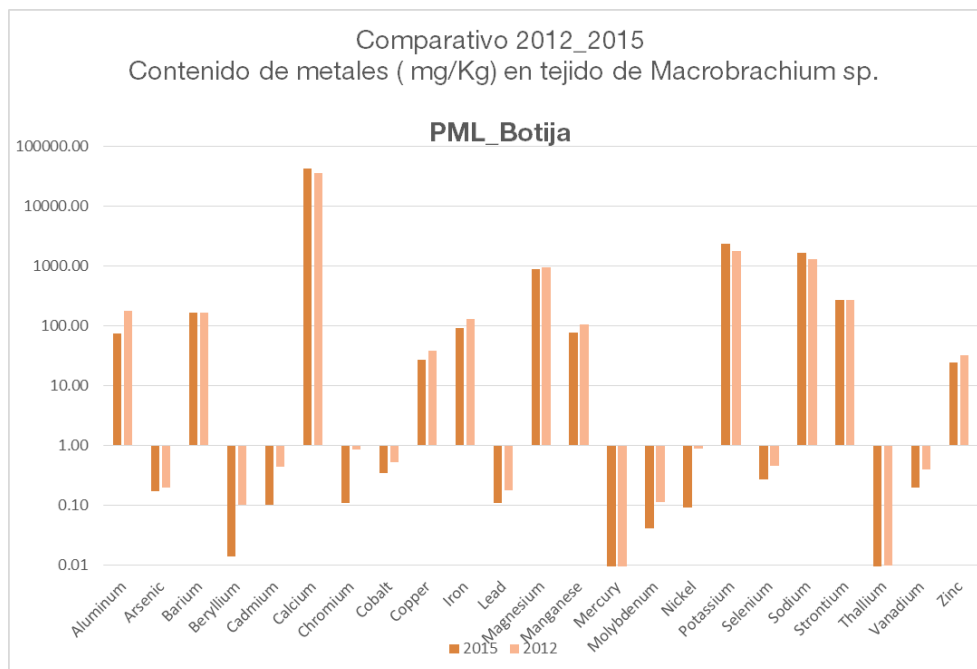
Gráfica N° 30. Comparación del contenido de metales en *Macrobrachium sp*. 2012 -2015 en REF_Rio Hoja.



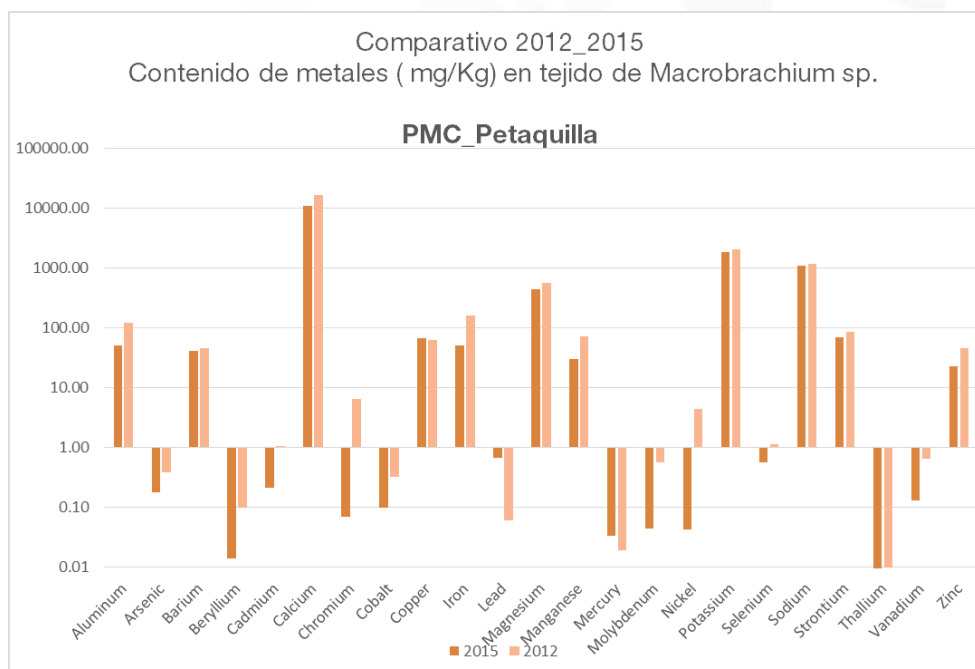
Gráfica N° 31. Comparación del contenido de metales en *Macrobrachium* sp. 2012 -2015 en REF_Rio Rinconcito.



Gráfica N° 32. Comparación del contenido de metales en *Macrobrachium* sp. 2012 -2015 en PMC_Botija



Gráfica N° 33. Comparación del contenido de metales en *Macrobrachium* sp. 2012 -2015 en PML_Botija



Gráfica N° 34. Comparación del contenido de metales en *Macrobrachium* sp. 2012 -2015 en PMC_Petaquilla

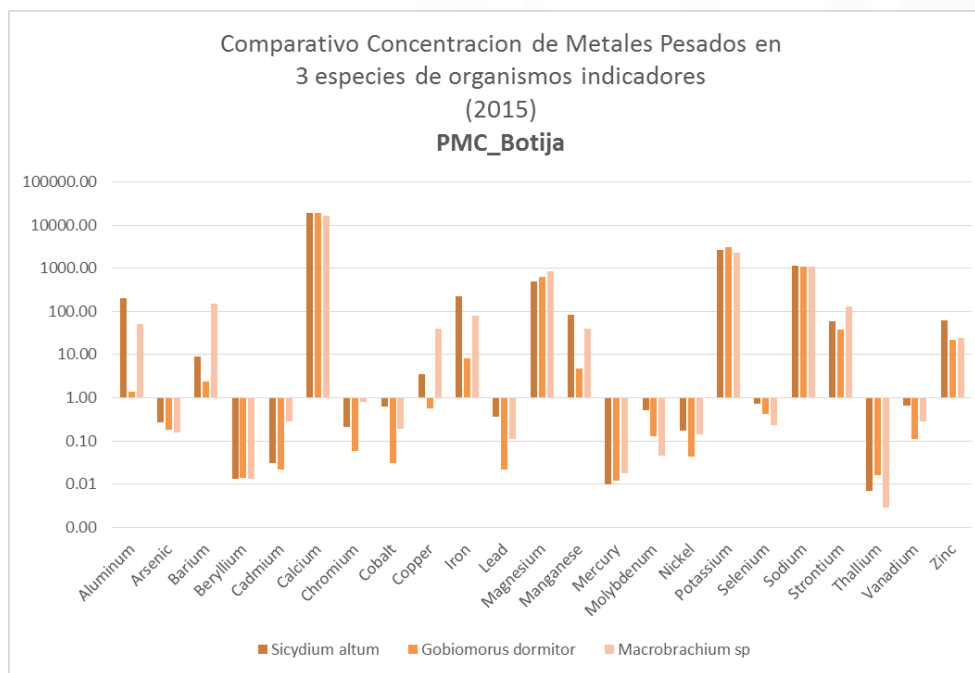
Concentraciones medias de metales en Macrobrachium_2015					
Metal	REF_Rio Hoja	Ref_Rinconcito	PMC_Botija	PML_Botija	PMC_Petaquilla
Aluminum	97.10	43.50	49.60	73.30	51.00
Arsenic	1.00	0.28	0.16	0.17	0.18
Barium	86.20	239.67	148.00	164.00	40.80
Beryllium	<0.014	0.01	<0.013	<0.014	<0.014
Cadmium	0.36	0.58	0.29	0.10	0.21
Calcium	26600.00	22066.67	16800.00	42300.00	11000.00
Chromium	0.28	0.10	0.82	0.11	0.070J
Cobalt	0.20	0.18	0.19	0.34	0.098J
Copper	79.80	37.47	39.50	26.40	67.50
Iron	94.90	62.23	80.20	91.60	50.30
Lead	1.10	0.01	0.11	0.11	0.67
Magnesium	797.00	814.00	862.00	871.00	434.00
Manganese	48.40	50.23	39.50	76.20	29.90
Mercury	0.03	0.01	0.02	0.0065J	0.03
Molybdenum	0.056J	0.14	0.046J	0.041J	0.044J
Nickel	0.12	0.03	0.14	0.091J	0.043J
Potassium	2460.00	2213.33	2280.00	2300.00	1860.00
Selenium	0.68	0.40	0.23	0.27	0.57
Sodium	1480.00	1190.00	1060.00	1640.00	1100.00
Strontium	162.00	220.67	131.00	272.00	69.00
Thallium	0.0065J	0.00	<0.0029	<0.0033	<0.0033
Vanadium	0.31	0.11	0.28	0.20J	0.13J
Zinc	27.50	21.47	24.60	24.30	22.50

Tabla N° 11. Concentraciones medias de metales en *Macrobrachium* sp.

Análisis comparativo entre especies

A grandes rasgos, salvo las concentraciones de cobre y aluminio, las concentraciones de metales en los tres organismos monitoreados se mantiene en las mismas proporciones sin variaciones importantes entre una especie y otra.

De esta manera a priori pareciera que las tres especies elegidas pueden servir como especies centinela, sin embargo, hay que mencionar que *Sicydium altum*, es una especie migratoria, cuya biología está aun poco estudiada y que en principio podría presentar desviaciones en la concentración de metales producto de la ingesta de alimentos fuera del área de muestreo.

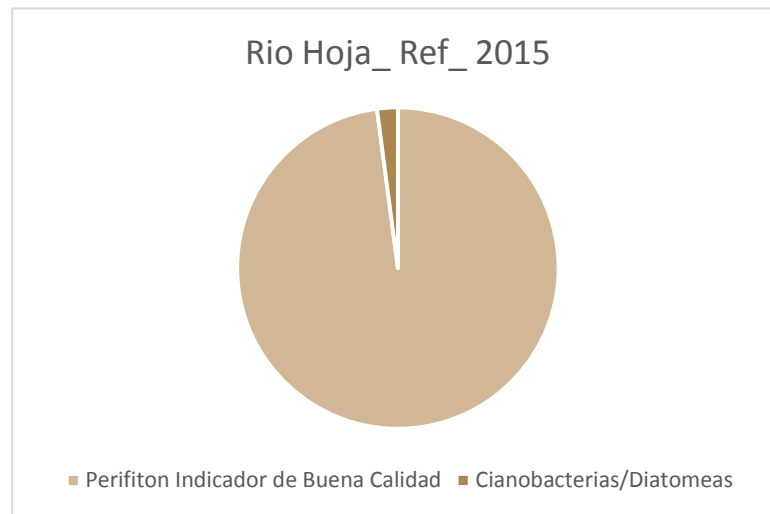


Gráfica N° 35. Comparación del contenido de metales en las tres especies muestreadas para el periodo 2015 en el PMC_ Botija.

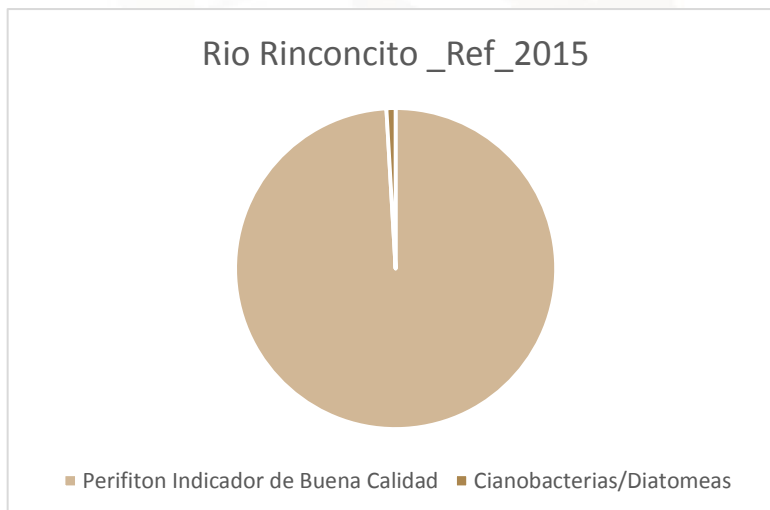
PERIFITON

En términos generales, La diversidad y abundancia fue baja en todas las estaciones, no obstante las especies encontradas resultaron ser útiles como bioindicadores.

Los pequeños *Naviculoides* dominaron las muestras y constituyeron el 62.1% de lo contado seguido de géneros como *Cymbella* y *Fragilaria* y *Achnanthes* en proporciones de 13.9%, 4.3% y 2.4% respectivamente. Estos géneros de diatomeas son propios de aguas claras y de buena calidad, y fueron el componente principal del perifiton de las estaciones de referencia de Ro Hoja y Rio Rinconcito

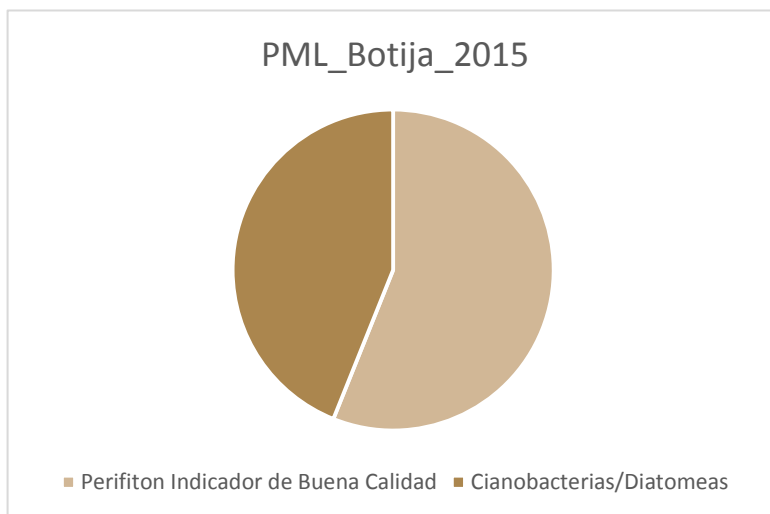


Gráfica N° 36. Proporción de especies indicadores de buena calidad de agua en el punto REF_Rio Hoja

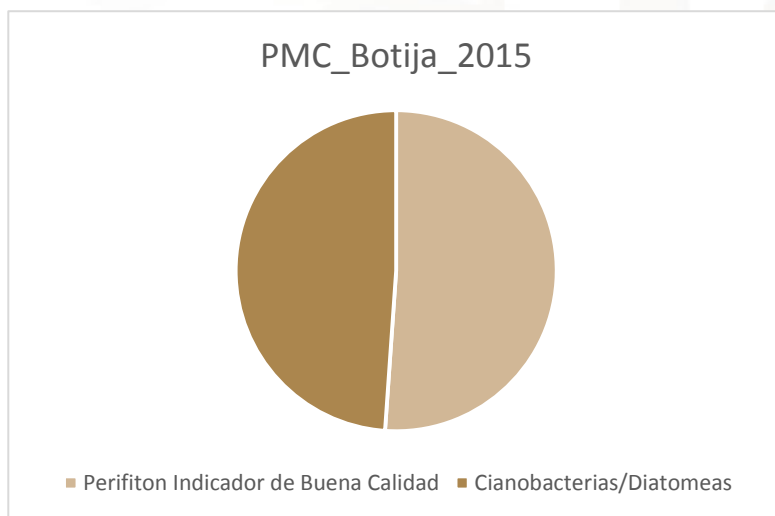


Gráfica N° 37. Proporción de especies indicadores de buena calidad de agua en el punto REF_Rio Rinconcito

Sin embargo en el PML y PMC de Rio Botija el porcentaje de cianobacterias filamentosas del complejo *Oscillatoria-Lyngbya-Phormidium* los valores superaron el 50% de lo contado sugiriendo que se ha iniciado un proceso de eutrofización de las aguas, puesto que las cianobacterias prosperan sobre las diatomeas en ambientes ricos en nutrientes

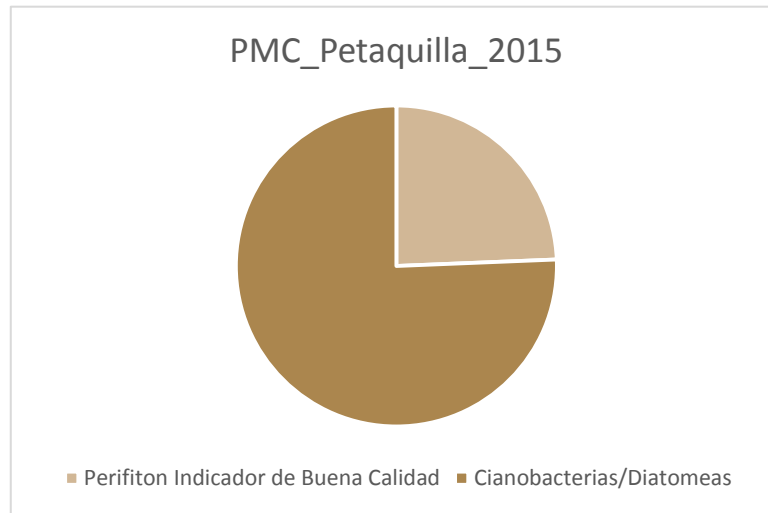


Gráfica N° 38. Proporción de especies indicadores de buena calidad de agua en el punto PML_Botija



Gráfica N° 39. Proporción de especies indicadores de buena calidad de agua en el punto PMC_Botija

La estación de PMC del Rio Petaquilla arrojó los peores resultados en función de la presencia de mayor cantidad de cianobacterias y menor cantidad de perifiton asociado a buena calidad de agua, indicando probablemente que se encuentra bajo la presión de un proceso de incremento de nutrientes en el agua.



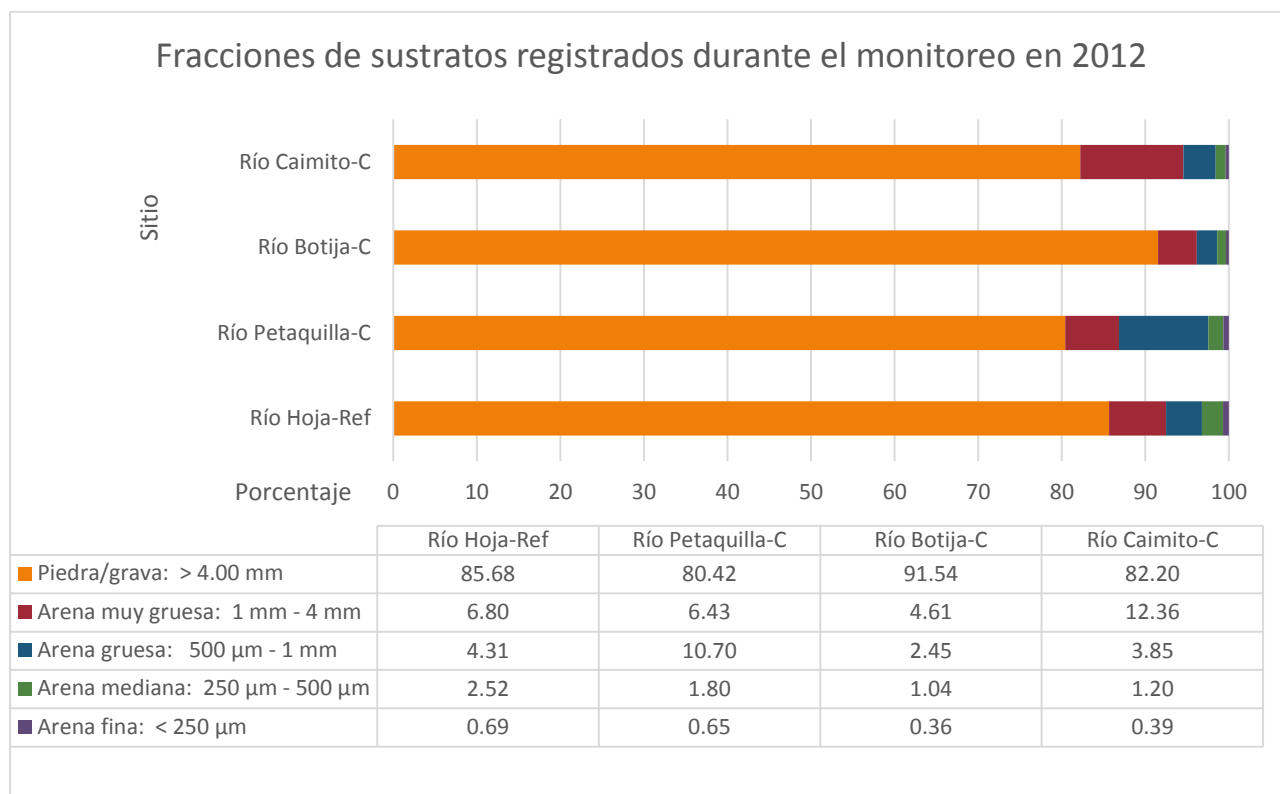
Gráfica N° 40. Proporción de especies indicadores de buena calidad de agua en el punto PMC_Botija

Densidad en Células / cm2																	
Género	REF -H- P1	REF -H- P2	REF -H- P3	REF- R-P1	REF- R-P2	REF- R-P3	PLM -B- P1	PLM -B- P2	PLM- B-P3	PMC -B- P1	PMC -B- P2	PMC -B- P3	PMC -P- P1	PMC -P- P2	PMC -P- P3	TOTAL	%
<i>Fragilaria</i>	0	0	0	1592	249	0	0	106 1	374	0	849	6270	0	325	99	10818	434
<i>Cymbella</i>	0	0	0	7692	3979	1642 0	568	424	1404	0	212	3255	0	650	0	34605	138 8
<i>Naviculoides</i>	689 7	550 9	110 2	4403 2	7709	2500 9	379	148 5	1132 8	1287	3289	3990 8	1212	5522	99	154765	620 8
<i>Achnanthes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	94	0	0	5908	0	0	99	6100	245
<i>Cyanobacteria Filam</i>	0	0	0	0	0	0	947	424 4	3651	9245	5305	0	0	0	0	23392	938
<i>Oscillatoria</i>	0	367	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1085	0	0	99	1551	62
<i>Lyngbya</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1206	0	1104 3	890	13138	527
<i>Rhoicosphenia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	281	0	0	0	0	0	0	281	11
<i>Gom-Gom</i>	0	0	0	0	0	1263	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1263	51
<i>Mougeotia</i>	0	0	0	0	0	3031	0	0	0	0	0	362	0	0	0	3393	136
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	689 7	587 6	110 2	5331 5	1193 6	4572 4	189 5	721 5	1713 2	1053 2	9655	5799 3	1212	1753 9	1285	249308	0
%	2.8	2.4	0.4	21.4	4.8	18.3	0.8	2.9	6.9	4.2	3.9	23.3	0.5	7.0	0.5		100

Tabla N° 12. Densidad en Células / cm2 de perifiton.

ARRAIGO

Los resultados crudos de las fracciones de arraigo del monitoreo del 2012 y 2015 están expresados en unidades de peso (gramos); sin embargo, cada muestra tanto del 2012 como del 2015 tiene un peso seco distinto. Para poder comparar las muestras entre sí, se decidió presentar los resultados de cada fracción de arraigo, en porcentaje del peso total de la muestra seca. La Gráfica N°39 presenta los porcentajes de cada fracción de las muestras obtenidas en el monitoreo de 2012 y la Gráfica N°40 demuestra los resultados obtenidos en 2015.



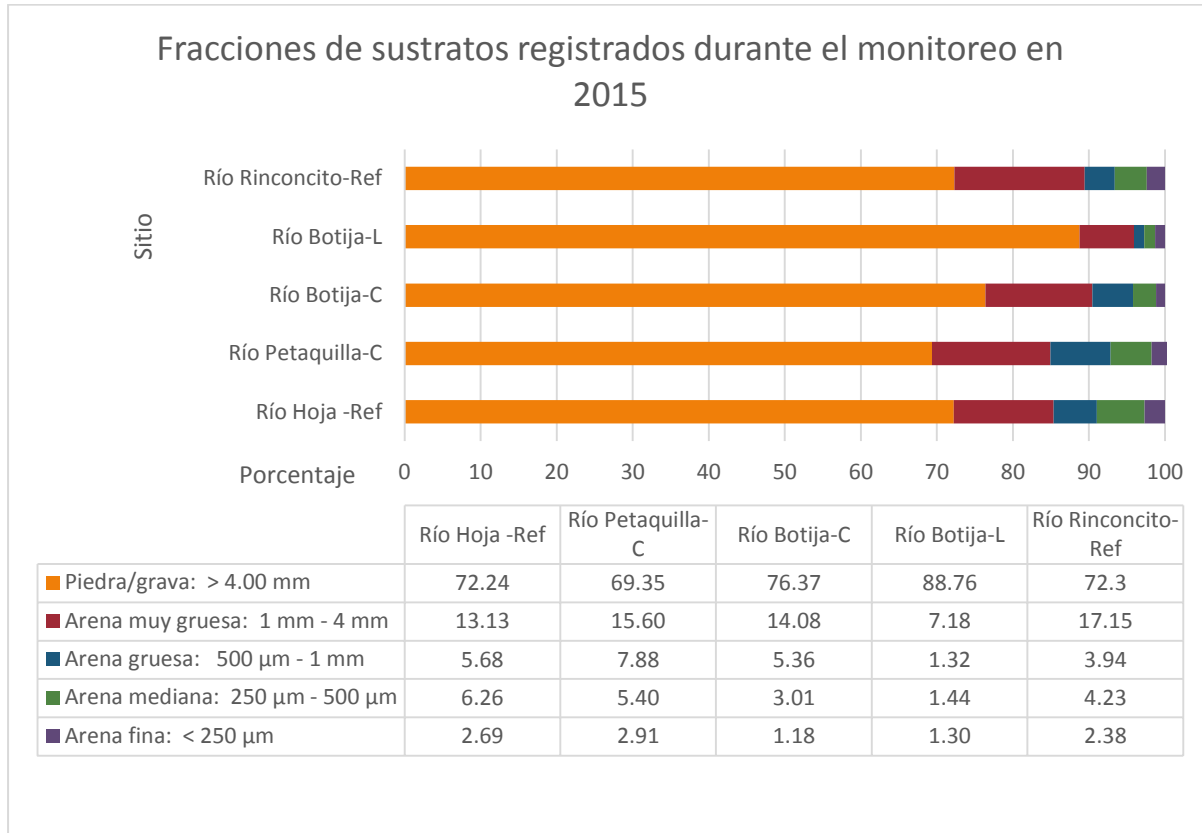
Gráfica N°41. Resultado, presentado en porcentaje, de cada fracción de la muestra obtenida en el monitoreo de 2012 (Fuente: Informe del programa de Línea Base de Monitoreo de Efectos Ambientales (MEA) Componente: Peces de Agua Dulce; Minera Panamá – EcoMetrix, 2012).

En 2012, Las cuatro muestras que se tomaron, presentaron predominio de Piedra o Grava, en su estructura (todas están por arriba del 80% del peso seco de la muestra). La muestra que menos sustrato incrustado o arraigo (partículas más finas o arena) contenía fue la del Punto de monitoreo Cercano de Río Botija (8.46%), seguido del sitio de Referencia Río Hoja (14.32%), el Punto de Monitoreo Cercano de Río Caimito (17.8%) y el que más sustrato incrustado presentó fue el Punto de Monitoreo Cercano de Río Petaquilla (19.58%).

Dentro de ese sustrato incrustado la categoría o fracción predominante en las muestras fue, en orden descendente, la Arena Muy Gruesa (partículas entre 1mm a 4 mm), Arena Gruesa (partículas entre 500 µm a 1 mm), Arena Mediana (partículas entre 250

μm a $500 \mu\text{m}$) y la más escasa fue la de Arena Fina (partículas $<$ de $250 \mu\text{m}$); excepto para el Punto de Monitoreo

Cercano de Río Petaquilla, en dónde había mayor cantidad de Arena Gruesa que de Arena Muy Gruesa (ver Gráfica N°39).



Gráfica N°42. Resultado, presentado en Porcentaje, de cada fracción de arraigo obtenida en el monitoreo de 2015 (Fuente: Datos de campo de 2015).

En 2015, no se colectó muestra en el Punto de Monitoreo Cercano de Río Caimito, ya que el hábitat en esa parte del río ha cambiado considerablemente, no hay rápidos y el agua es profunda y muy turbia; por lo que sólo se pudo coleccionar las muestras en el sitio de Referencia Río Hoja, los Puntos de Monitoreo Cercano de Río Petaquilla y de Río Botija, adicional se colectó muestra en el Punto de Monitoreo Lejano de Río Botija y en el sitio de Referencia de Río Rinconcito. Las cinco muestras que se tomaron, presentaron predominio de Piedra o Grava, en su estructura (todas están por arriba del 69% del peso seco de la muestra); sin embargo, estos nos indica que aumentó el sustrato incrustado debido al aumento de sedimento en estas fuentes de agua, indicando un deterioro en la calidad del agua en comparación con lo registrado en la línea base (2012) para todos los sitios.

Las muestras que menos sustrato incrustado contenía fueron las de Río Botija, la del Punto de Monitoreo Lejano de Río Botija contenía menos (11.24%) que la del Punto de Monitoreo Cercano de Río Botija (23.63%); sin embargo al comparar con los resultados

de 2012, en dónde el Punto de Monitoreo Cercano de Río Botija era el sitio con menos sustrato incrustado con un 8.46%, vemos que este sitio ahora tiene casi tres veces esta cantidad.

El sitio que más sustrato incrustado presentó fue, al igual que en 2012, el Punto de Monitoreo Cercano de Río Petaquilla con un 30.65%, en 2012 para este sitio fue de 19.58%, o sea, hubo un aumento de 1.5 veces. Sin embargo, los resultados también indican que después del Punto de Monitoreo Cercano de Río Petaquilla, los sitios que contienen mayor cantidad de sustrato incrustado son el sitio de Referencia Río Rinconcito (27.7%) y el de Referencia de Río Hoja (27.76%). Este último punto presentó, ahora en 2015, casi el doble del sustrato incrustado que se obtuvo en 2012, pero teniendo en cuenta que estos dos puntos de Referencia no están bajo la influencia directa de las operaciones del Proyecto Cobre Panamá, nos inclinamos en pensar que el aumento de sustrato incrustado en 2015 se debe a la gran carga de sedimento en los ríos de esta cuenca como consecuencia de las fuertes lluvias que se presentaron en el área durante los días que se realizó este muestreo y que ese resultado no responde a efectos de las actividades actuales del Proyecto en sí.

Dentro de ese sustrato incrustado (partículas más finas) las categoría de las fracciones predominantes en las muestras de 2015 fueron, en orden descendente, la Arena Muy Gruesa (partículas entre 1mm a 4 mm), Arena Mediana (partículas entre 250 μ m a 500 μ m), Arena Gruesa (partículas entre 500 μ m a 1 mm) y la más escasa fue Arena Fina (partículas < de 250 μ m); excepto para los Puntos de Monitoreo Cercano de Río Petaquilla y de Río Botija, en ellos había mayor cantidad de Arena Gruesa que de Arena Mediana.

Hay un notable aumento en los sedimentos incrustados de tamaño más pequeño (Arena Fina) en todos los sitios, en el 2012 en todas las muestras estaban por debajo de 0.69% de este material, ahora en el 2015, se encontraban en un rango entre 1.30 % (Punto de Monitoreo Lejano de Río Botija) a 2.91% (Punto de Monitoreo Cercano de Río Petaquilla).

En el Anexo se presentan los datos crudos del peso de todas las fracciones del sustrato (en gramos), obtenidos durante el muestreo de 2015.

CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTO

Los resultados de los análisis físico-químicos pueden ser consultados en el informe **LAB2-133** (código asignado por el laboratorio utilizado).

Los resultados de los datos de campo se muestran a continuación.



Sitio de Muestreo	Fecha (mm/dd/yyyy)	Hora (24h)	Temperatura (°C)	Conductividad (mS/cm)	TDS (g/L)	Salinidad (ppt)	Oxígeno Disuelto (%)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)
W-2	5/11/2015	9:15	24.9	0.042	0.027	0.02	28.1	2.35	7.06	38.4
W-5	5/11/2015	14:10	26.31	0.105	0.068	0.05	32.4	2.61	7.22	58.2
W-7	5/10/2015	10:00	25.87	0.061	0.04	0.03	41.7	3.39	7.0	52.9
Los Bajos	5/14/2015	12:00	26.7	0.082	0.053	0.04	89.4	7.17	7.51	14.5
Rio Rinconcito	5/8/2015	12:50	25.97	0.045	0.29	0.02	33.2	2.74	7.2	13.6

Tabla N° 13. Registro de Parámetros de Campo medidos en los Ríos

ANEXOS



Codigo de Estación	Muestra	> 4 mm	1 - 4 mm	500µm-1mm	250-500 µm	< 250 µm	Total (g)
PML-Botija	A1	461.97	38.15	7.8	9.01	8.06	524.99
PML-Botija	A2	262.99	13.47	0.99	0.63	1.7	279.78
PML-Botija	A3	375.22	42.12	9.44	10.62	7.77	445.17
Total		1100.18	93.74	18.23	20.26	17.53	1249.94
Promedio A1-A2-A3		366.73	31.25	6.08	6.75	5.84	416.65

Codigo de Estación	Muestra	> 4 mm	1 - 4 mm	500µm-1mm	250-500 µm	< 250 µm	Total (g)
PMC-Botija	A1	285.37	105.57	48.8	21.75	4.69	466.18
PMC-Botija	A2	359.41	37.56	4.55	1.81	0.8	404.13
PMC-Botija	A3	285.88	28.45	12.03	13.07	8.94	348.37
Total		930.66	171.58	65.38	36.63	14.43	1218.68
Promedio A1-A2-A3		310.22	57.19	21.79	12.21	4.81	406.23

Codigo de Estación	Muestra	> 4 mm	1 - 4 mm	500µm-1mm	250-500 µm	< 250 µm	Total (g)
PMC-Petaquilla	A1	382.31	117	59.81	36.43	16.65	612.2
PMC-Petaquilla	A2	246.4	106.07	56	35.65	18.81	462.93
PMC-Petaquilla	A3	383.92	21.07	7.93	11.22	8.52	432.66
Total		1012.63	244.14	123.74	83.3	43.98	1507.79
Promedio A1-A2-A3		337.54	81.38	41.25	27.77	14.66	502.60

Codigo de Estación	Muestra	> 4 mm	1 - 4 mm	500µm-1mm	250-500 µm	< 250 µm	Total (g)
REF-Hoja	A1	265.43	50.74	29.87	39.04	10.58	395.66
REF-Hoja	A2	353.68	56.5	24.4	20.92	15.84	471.34
REF-Hoja	A3	489.47	94.26	32.83	36.06	14.9	667.52
Total		1108.58	201.5	87.1	96.02	41.32	1534.52
Promedio A1-A2-A3		369.53	67.17	29.03	32.01	13.77	511.51

Codigo de Estación	Muestra	> 4 mm	1 - 4 mm	500µm-1mm	250-500 µm	< 250 µm	Total (g)
REF-Río Rinconcito	A1	409.56	40.99	17.04	19.56	9.87	497.02
REF-Río Rinconcito	A2	355.22	80.35	11.06	14.3	9.9	470.83
REF-Río Rinconcito	A3	331.83	138.78	31.63	30.32	16.38	548.94
Total		1096.61	260.12	59.73	64.18	36.15	1516.79
Promedio A1-A2-A3		365.54	86.71	19.91	21.39	12.05	505.60

ANEXO 1. RESULTADOS (CRUDOS) DE LA CLOROFILA a DEL PERIFITON

AQT-FPA-00A
V08-Rev. 0913

Laboratorio de Análisis de Aguas

Urbanización Chanis, Edificio N° 145

Teléfono: 221-1481 / 4094

Fax: 224-8087

info@aquateclabs.com.pa



REPORTE DE ANÁLISIS

BIODIVERSITY CONSULTANT GROUP, S.A.

ANÁLISIS DE AGUA SUPERFICIAL

ELABORADO POR:

AQUATEC Laboratorios Analíticos de Panamá, S. A.
R.U.C. 1188395-1-519623 D.V. 36

Químico

I. IDENTIFICACIÓN GENERAL

EMPRESA	BIODIVERSITY CONSULTANT GROUP
ACTIVIDAD	Consultoría Ambiental.
PROYECTO	Análisis de Agua Superficial.
DIRECCIÓN	San Francisco, República de Panamá.
CONTACTO	Benjamin Walker.
FECHA DE MUESTREO	11-12-15 de mayo de 2015.
FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	11-12-15 de mayo de 2015.
Nº DE INFORME	15-565-001.
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	AQT-PA-01.
No. DE COTIZACIÓN	382-15

II. IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

# DE LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE	UBICACIÓN SATELITAL
1582-15	A-1	No Disponible
1583-15	A-2	No Disponible
1584-15	A-3	No Disponible
1585-15	B-1	No Disponible
1586-15	B-2	No Disponible
1587-15	B-3	No Disponible
1593-15	PMC-P (C)1	No Disponible
1594-15	PMC-P (C)2	No Disponible
1595-15	PMC-P (C)3	No Disponible
1596-15	PMC-B(D)1	No Disponible
1597-15	PMC-B(D)2	No Disponible
1598-15	PMC-B(D)3	No Disponible
1766-15	E-1 REF-H-G1	No Disponible
1767-15	E-2 REF-H-G2	No Disponible
1768-15	E-3 REF-H-G3	No Disponible

III. PARÁMETROS A MEDIR

Análisis de quince (15) muestras de agua para determinar el siguiente parámetro: Clorofila a.

IV. CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO

No Disponible. Cliente colectó las muestras.

15-565-001

Editado e impreso por:
Aquatec Laboratorios Analíticos
Derechos Reservados

Página 3 de 7

V. RESULTADOS:

1582-15: A-1.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	INCERTIDUM-BRE	L.M.C.	LÍMITE MÁXIMO (**)
Clorofila A	---	mg/m ³	SM10200H	10,86	(*)	1,0	N.A.

1583-15: A-2.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	INCERTIDUM-BRE	L.M.C.	LÍMITE MÁXIMO (**)
Clorofila A	---	mg/m ³	SM10200H	35,27	(*)	1,0	N.A.

1584-15: A-3.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	INCERTIDUM-BRE	L.M.C.	LÍMITE MÁXIMO (**)
Clorofila A	---	mg/m ³	SM10200H	67,85	(*)	1,0	N.A.

1585-15: B-1.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	INCERTIDUM-BRE	L.M.C.	LÍMITE MÁXIMO (**)
Clorofila A	---	mg/m ³	SM10200H	147,545	(*)	1,0	N.A.

1586-15: B-2.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	INCERTIDUM-BRE	L.M.C.	LÍMITE MÁXIMO (**)
Clorofila A	---	mg/m ³	SM10200H	103,89	(*)	1,0	N.A.

Notas:

- Los parámetros que están dentro del alcance de la acreditación para los análisis de aguas son los siguientes: Aceites y Grasas, Cloruros, Potencial de Hidrógeno, Conductividad Eléctrica, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendedos, Sólidos Sedimentables, Sólidos Totales, Cianuro, Compuestos fenólicos, Detergentes, Demanda Química de Oxígeno, Fósforo, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno total, poder espumante, sulfatos, temperatura, Hidrocarburos, cloro residual y Turbidez. En suelo están acreditados Materia orgánica y Potencial de hidrógeno.
- La incertidumbre reportada corresponde a un nivel de confianza del 95% (K=2).
- L.M.C.: Límite mínimo de cuantificación.
- N.A.: No Aplica.
- (*) Incertidumbre no calculada.
- (**) Decreto Ejecutivo N° 75 "Calidad ambiental y niveles de calidad, las aguas continentales para uso recreativo con o sin contacto Directo"
- La(s) muestra(s) se mantendrá(n) en custodia por diez (10) días calendario luego de la recepción de éste reporte por parte del cliente. Concluido este periodo se desechará(n).
- Los resultados presentados en este documento solo corresponden a la(s) muestra(s) analizada(s).

15-565-001

Editado e impreso por:
Aquatec Laboratorios Analíticos
Derechos Reservados

Página 4 de 7

1587-15: B-3.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	INCERTIDUM-BRE	L.M.C.	LÍMITE MÁXIMO (**)
Clorofila A	---	mg/m ³	SM10200H	851,23	(*)	1,0	N.A.

1593-15: PMC-P (C)1

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	INCERTIDUM-BRE	L.M.C.	LÍMITE MÁXIMO (**)
Clorofila A	---	mg/m ³	SM10200H	258,74	(*)	1,0	N.A.

1594-15: PMC-P (C)2

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	INCERTIDUM-BRE	L.M.C.	LÍMITE MÁXIMO (**)
Clorofila A	---	mg/m ³	SM10200H	209,16	(*)	1,0	N.A.

1595-15: PMC-P (C)3

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	INCERTIDUM-BRE	L.M.C.	LÍMITE MÁXIMO (**)
Clorofila A	---	mg/m ³	SM10200H	93,73	(*)	1,0	N.A.

1596-15: PMC-B (D)1.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	INCERTIDUM-BRE	L.M.C.	LÍMITE MÁXIMO (**)
Clorofila A	---	mg/m ³	SM10200H	47,37	(*)	1,0	N.A.

Notas:

- Los parámetros que están dentro del alcance de la acreditación para los análisis de aguas son los siguientes: Aceites y Grasas, Cloruros, Potencial de Hidrógeno, Conductividad Eléctrica, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendidos, Sólidos Sedimentables, Sólidos Totales, Cianuro, Compuestos fenólicos, Detergentes, Demanda Química de Oxígeno, Fósforo, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno total, poder espumante, sulfatos, temperatura, Hidrocarburos, cloro residual y Turbidez. En suelo están acreditados Materia orgánica y Potencial de Hidrógeno.
- La incertidumbre reportada corresponde a un nivel de confianza del 95% (K=2).
- L.M.C.: Límite mínimo de cuantificación.
- N.A.: No Aplica.
- (*) Incertidumbre no calculada.
- (**) Decreto Ejecutivo N° 75 "Calidad ambiental y niveles de calidad, las aguas continentales para uso recreativo con o sin contacto Directo"
- La(s) muestra(s) se mantendrá(n) en custodia por diez (10) días calendario luego de la recepción de éste reporte por parte del cliente. Concluido este período se desechará(n).
- Los resultados presentados en este documento solo corresponden a la(s) muestra(s) analizada(s).

15-565-001

Editado e impreso por:
Aquatec Laboratorios Analíticos
Derechos Reservados

Página 5 de 7

1597-15: PMC-B (D)2.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	INCERTIDUM-BRE	L.M.C.	LÍMITE MÁXIMO (**)
Clorofila A	—	mg/m ³	SM10200H	906,50	(*)	1,0	N.A.

1598-15: PMC-B (D)3.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	INCERTIDUM-BRE	L.M.C.	LÍMITE MÁXIMO (**)
Clorofila A	—	mg/m ³	SM10200H	1139,94	(*)	1,0	N.A.

1766-15: E-1 REF-H-G1.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	INCERTIDUM-BRE	L.M.C.	LÍMITE MÁXIMO (**)
Clorofila A	—	mg/m ³	SM10200H	2,43	(*)	1,0	N.A.

1767-15: E-1 REF-H-G2.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	INCERTIDUM-BRE	L.M.C.	LÍMITE MÁXIMO (**)
Clorofila A	—	mg/m ³	SM10200H	28,31	(*)	1,0	N.A.

1768-15: E-1 REF-H-G3.

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO	INCERTIDUM-BRE	L.M.C.	LÍMITE MÁXIMO (**)
Clorofila A	—	mg/m ³	SM10200H	21,73	(*)	1,0	N.A.

Notas:

- Los parámetros que están dentro del alcance de la acreditación para los análisis de aguas son los siguientes: Aceites y Grasas, Cloruros, Potencial de Hidrógeno, Conductividad Eléctrica, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendidos, Sólidos Sedimentables, Sólidos Totales, Cianuro, Compuestos fenólicos, Detergentes, Demanda Química de Oxígeno, Fósforo, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno total, poder espumante, sulfatos, temperatura, Hidrocarburos, cloro residual y Turbidez. En suelo están acreditados Materia orgánica y Potencial de Hidrógeno.
- La incertidumbre reportada corresponde a un nivel de confianza del 95% (K=2).
- L.M.C.: Límite mínimo de cuantificación.
- N.A.: No Aplica.
- (*) Incertidumbre no calculada.
- (**)Decreto Ejecutivo N° 75"Calidad ambiental y niveles de calidad, las aguas continentales para uso recreativo con o sin contacto Directo"
- La(s) muestra(s) se mantendrá(n) en custodia por diez (10) días calendario luego de la recepción de éste reporte por parte del cliente. Concluido este período se desechará(n).
- Los resultados presentados en este documento solo corresponden a la(s) muestra(s) analizada(s).

15-565-001

Editado e impreso por:
Aquatec Laboratorios Analíticos
Derechos Reservados

Página 6 de 7

VI. EQUIPO TÉCNICO

EQUIPO TÉCNICO		
Nombre	Título	Identificación
No Disponible. Cliente colectó la muestra.		

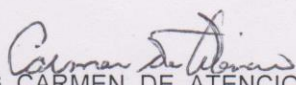
VII. IMÁGEN DEL MUESTREO

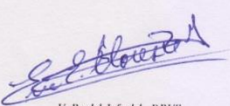
No Disponible. Cliente colectó la muestra.

VIII. ANEXO: COPIA DE LA CADENA DE CUSTODIA.

----- FIN DEL DOCUMENTO -----

ANEXO 2. PERMISOS DEL MINISTERIO DE AMBIENTE DE PANAMÁ

REPUBLICA DE PANAMA 		Ministerio de Ambiente  MINISTERIO DE AMBIENTE Apartado C, Zona 0843, Balboa, Ancón, Panamá		PERMISO CIENTÍFICO SCIENTIFIC PERMIT No. <u>SC/APHBO-1-15</u> VALIDO HASTA: <u>01-12-2015</u> VALID UNTIL	
				FAUNA / FLORA / HONGOS / BACTERIAS / OTROS ORGANISMOS FAUNA, FLORA, HONGOS, BACTERIAS, OTROS	
INVESTIGADOR RESPONSABLE MAIN RESEARCHER CESAR JARAMILLO		IDENTIFICATION I.D. Céd. 8-228-260-PAN		COLECTA OBSERVACION COLLECT OBSERVATION MARCADO OTROS MARKING OTHERS	
ASISTENTE (S) ASSISTANT (S) Ruth Reina Yaritza González		IDENTIFICATION I.D. E-8-93285-COL 8-782-1986-PMA		COLECTA	
INSTITUCION QUE RESPALDA LA INVESTIGACION INSTITUTE SUPPORTING THE RESEARCH Biodiversity Consultant Group					
OBJETIVO PURPOSE Monitorización del estado de la calidad del agua y fauna acuática			LUGAR DEL ESTUDIO STUDY Colón, Donoso, Proyecto Cobre Minera Panamá. No incluye áreas que no cuenten con Consentimiento libre Informado Previo aprobado por el Ministerio de Ambiente		
NOMBRE COMUN COMMON NAME	NOMBRE CIENTÍFICO SCIENTIFIC NAME	CANTIDAD QUANTITY	DESCRIPCIÓN DESCRIPTION		
Peces	Peces	No determinado	Colecta temporal para identificar en campo, colecta permanente cuando no se logre su identificación		
Macro invertebrados	Macro invertebrados	No determinado	Colecta temporal para identificar en campo, colecta permanente cuando no se logre su identificación		
Perifiton	Perifiton	No determinado	No determinado		
DURACION DEL ESTUDIO TIME OF STUDY 01-06-2015 Hasta 01-12-2015					
ESTE PERMISO ES EMITIDO POR: THIS PERMIT IS ISSUED BY: Dirección de Áreas Protegidas y Vida Silvestre Elaborado por Carmen Y. Medina G. FECHA: DATE 01-06-2015			 ING. CARMEN DE ATENCIO Directora Encargada de Áreas Protegidas y Vida Silvestre FIRMA RESPONSABLE Y SELLO		
TODO INVERSTIGADOR DEBE: 1. REPORTARSE A LA REGION CORRESPONDIENTE ANTES DE INICIAR SU TRABAJO; 2. PORTAR EN TODO MOMENTO EL PERMISO CORRESPONDIENTE; 3. ENVIAR INFORME DE COLECTA A LA ANAM; 4. ENTREGAR MUESTRAS DE CADA ESPECIE A LA UNIVERSIDAD DE PANAMA; 5. ENVIAR A LA ANAM, A MAS TARDAR EN UN AÑO, AVANCE O INFORME FINAL DEL ESTUDIO, CON RESUMEN EN ESPAÑOL DE LO CONTRARIO NO SE LE OTORGARA OTRO PERMISO.					
EVERY RESEARCHER MUST: 1. REPORT TO THE NEAREST ANAM OFFICE BEFORE START WORKING; 2. CARRY THE PERMIT AT ALL TIMES; 2. SEND A REPORT OF COLLECTED MATERIAL TO ANAM; 4. SEND SAMPLES OF REPRESENTATIVE MATERIAL TO THE UNIVERSITY OF PANAMA; 5. SEND AN INTERMEDIATE OR FINAL REPORT TO ANAM WITHIN A YEAR, WITH A SPANISH SUMMARY. NO MORE PERMITS WILL BE ISSUED TO THOSE WHO DO NOT COMPLY WITH THESE REGULATIONS.					

REPUBLICA DE PANAMA 		MINISTERIO DE AMBIENTE Apartado C, Zona 0843, Balboa, Ancón, Panamá		PERMISO CIENTÍFICO SCIENTIFIC PERMIT No. <u>SEX/A-53-15</u> VALIDO HASTA: 2015-09-01 VALID UNTIL _____	
				FAUNA / FLORA / HONGOS / BACTERIAS / OTROS ORGANISMOS FAUNA	
TITULAR (NOMBRE Y DIRECCIONES - PAIS) CONSIGNOR (NAME AND ADDRESS - COUNTRY) César Jaramillo Biodiversity Consultand Group, Panamá			EXPORTACION EXPORT IMPORTACION IMPORT TRANSITO TRANSIT RE-EXPORTACION RE-EXPORT RE-IMPORTACION RE-IMPORT OTROS OTHERS EXPORTACION		
DESTINATARIO (NOMBRE Y DIRECCIONES - PAIS) CONSIGNEE (NAME AND ADDRESS - COUNTRY) Pablo Guzmán Pace Analytical, Services, Inc. USA, U.S.A.					
PUERTO DE SALIDA O ENTRADA / TRANSPORTE PORT OF EXIT OR ENTRANCE / CARRIER Aeropuerto Internacional de Tocumen					
PROPOSITO PURPOSE Investigación y programa de monitorización de Estudios Ambientales					
NOMBRE COMUN COMMON NAME		NOMBRE CIENTÍFICO SCIENTIFIC NAME		CANTIDAD AD QUANTITY	
Especie Centinela		<i>Sicydium altum</i>		75	
Camarón		<i>Macrobrachium sp.</i>		14	
Pez		<i>Gobiomorus dormitor</i>		35	
				DESCRIPCIÓN DESCRIPTION Análisis de metales pesados	
				Análisis del contenido de metales en el tejido	
				Análisis de metales pesados	
ESTE PERMISO ES EMITIDO POR: THIS PERMIT IS ISSUED BY: Dirección de Áreas Protegidas y Vida Silvestre FECHA: 2015-05-22 DATE  Emitido por: Sebastián Marín				 ING. ZULEIKA PINZÓN Directora de Áreas Protegidas y Vida Silvestre FIRMA RESPONSABLE Y SELLO	
ESTE PERMISO DEBE IR ACOMPAÑADO DEL RESPECTIVO SANITARIO EXPEDIDO POR EL MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO.					